

QUÉBEC SCIENCE

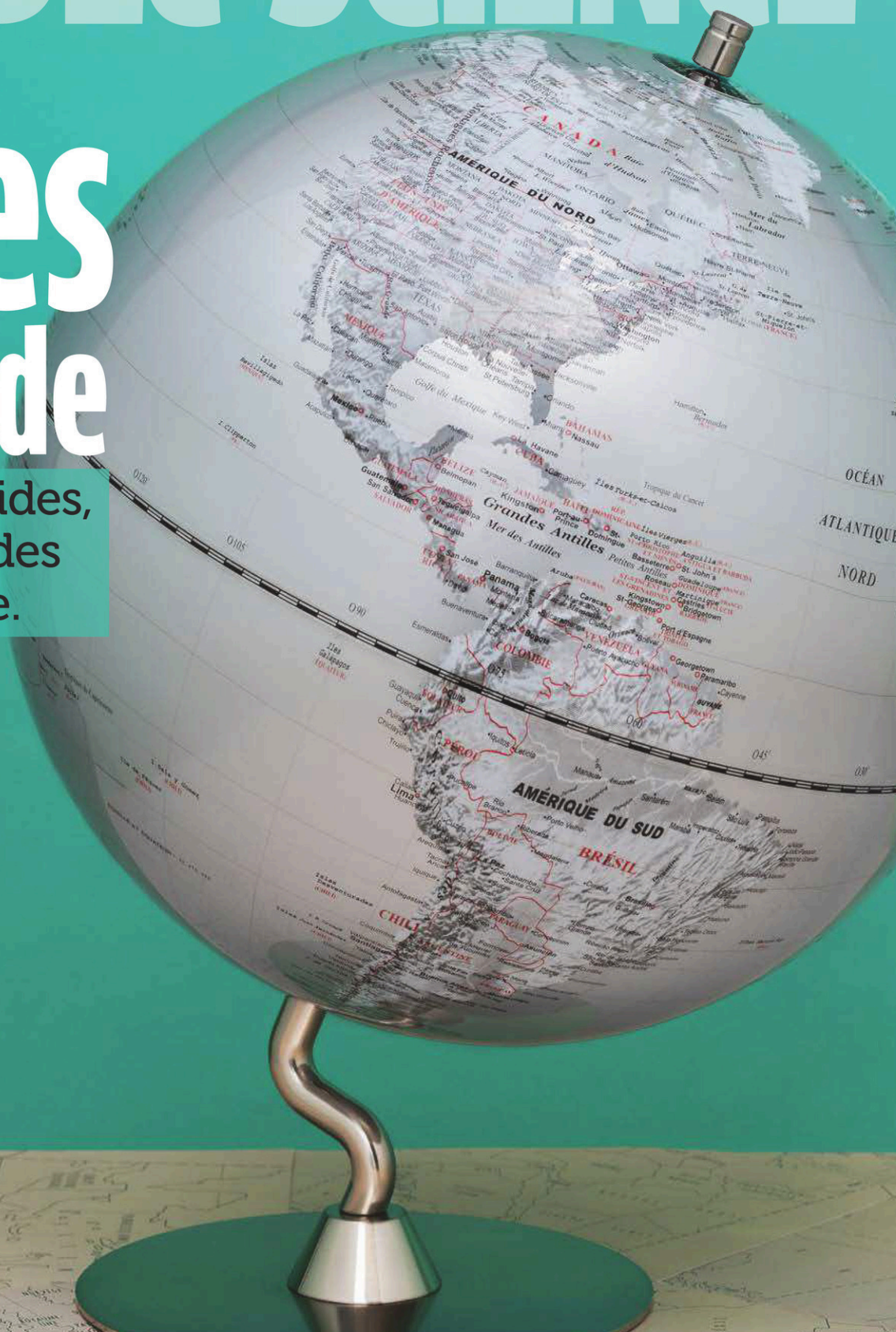
Cartes du monde

Plus que des guides, elles racontent des siècles d'histoire.

+

Suaire de Turin : des historiens tranchent le débat

Peut-on apprendre à voler dans nos rêves?



CONCORDIA

Les émissions mondiales
de carbone proviennent en
grande partie des villes.

PLACE À...

**la conception d'édifices
qui génèrent plus d'énergie
qu'ils en utilisent.**

PLACE À L'INNOVATION NOUVELLE GÉNÉRATION

CONCORDIA.CA/EFFICACITEENERGETIQUE

SOMMAIRE



PHOTO DE LA COUVERTURE : DONALD ROBITAILLE/OSA - DIRECTION ARTISTIQUE : NATACHA VINCENT

Saviez-vous que du 16^e au 18^e siècle les cartes ont représenté la Californie comme étant une île?

EN COUVERTURE

28 Les cartes, témoins du monde

Les cartes anciennes sont loin d'être banales. Elles racontent l'évolution de la vision du monde.

REPORTAGES

18 Vol de nuit

Peut-on provoquer des rêves de vol chez des dormeurs? C'est ce que tentent de faire des spécialistes du sommeil.

23 Suaire de Turin : l'histoire fait parler la science

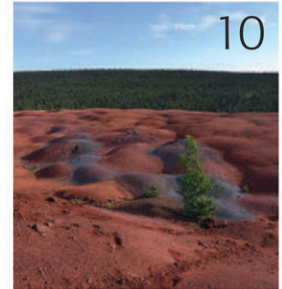
Des historiens sont décidés à mettre fin à la polémique entourant ce drap de lin qui aurait enveloppé le corps de Jésus.

36 Casse-tête dentaire

De façon préventive, on extrait souvent des dents de sagesse saines. Mais les preuves scientifiques justifiant cette pratique sont assez minces.

41 Physique des particules : l'épopée continue

Les physiciens sont à un tournant. Pour percer les secrets de l'Univers, ils doivent se doter de collisionneurs de plus en plus puissants.



SUR LE VIF

6 LE CABINET DES CURIOSITÉS

La nature a engendré son lot de laiderons. Et si l'on posait sur ces animaux et végétaux un autre regard?

8 CONTRE LES PIRATES ÉLECTRIQUES

Des cybercriminels pourraient perturber les réseaux d'électricité. Des experts tentent de les court-circuiter.

10 DES FOSSILES SURPRENANTS À SCHEFFERVILLE

Une formation rocheuse ouvre une fenêtre sur un passé qu'on croyait inaccessible au Québec.

11 COUCHE D'OZONE : LE RETOUR DES GAZ FLUORÉS

La concentration de certains gaz augmente dans l'atmosphère depuis quelques années.

14 POURQUOI FAUT-IL CROIRE EN LA SCIENCE?

La science est un processus social et consensuel. C'est de là qu'elle tire son pouvoir et sa légitimité, argumente l'historienne Naomi Oreskes.



À L'INTÉRIEUR

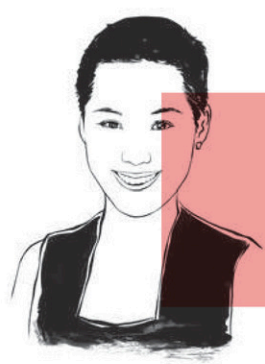
LA DÉMOCRATIE SOUS ATTAQUE

Un supplément réalisé en collaboration avec le réseau de l'Université du Québec

4 **Éditorial** Par Marie Lambert-Chan | 5 **Babillard** | 9 **Carnet de santé** Par la D^{re} Alexandra S. Arbour

11 **Technopop** Par Chloé Freslon | 12 **Polémique** Par Jean-François Cliche | 46 **Culture** Par Émilie Folie-Boivin

49 **Anthropocène** Par Jean-Patrick Toussaint | 50 **Rétroviseur** Par Saturnome



MARIE LAMBERT-CHAN [@MLambertChan](#)

Éditorial

Attention à la « covidisation »

Dans le monde de la recherche, la COVID-19 accapare l'attention et les dépenses depuis plus d'un an. Que deviendra la science après la pandémie?

Les chiffres sont vertigineux. En 2020, plus de 100 000 articles scientifiques ont été consacrés à la COVID-19 et au SRAS-CoV-2. Plus de 2 700 essais cliniques ont été lancés. Pour financer cet effort de recherche herculéen, les bailleurs de fonds publics et privés à travers le monde ont dépensé plus de neuf milliards de dollars américains, et ce n'est pas fini. La communauté scientifique a vécu au diapason de la pandémie, plusieurs chercheurs laissant tomber leurs travaux en cours pour se consacrer au virus et à ses ravages. Certains n'avaient pas la moindre expertise en maladies infectieuses, encore moins dans l'étude des coronavirus, mais ils ont tenté de transposer leurs connaissances afin de donner un coup de main à leurs collègues. D'autres ont agi par opportunisme ou par dépit, y voyant l'occasion d'obtenir des subventions ou de se tenir occupés pendant le confinement.

Que deviendront ces chercheurs lorsque la crise sanitaire sera derrière nous? Sauront-ils revenir à leurs premières amours? Parviendront-ils à trouver une raison d'être quand leur mission ne consistera plus à travailler sur des solutions pour remédier à une situation aussi rare que bouleversante? Le financement sera-t-il au rendez-vous pour assurer la poursuite de la recherche dans toute sa diversité? En un mot, saurons-nous éviter le piège de la « covidisation »?

On doit ce néologisme au Dr Madhukar Pai, chercheur affilié à l'Université McGill et spécialiste du diagnostic et du traitement de la tuberculose. Dès le printemps 2020, il signait un texte sur les dangers de cette vision en tunnel où tout le système de production des connaissances, de l'idéation à l'investissement en passant

par la publication et la médiatisation des résultats, n'a que pour seul intérêt la COVID-19. « L'humanité a connu de nombreuses crises au cours des siècles, écrivait-il. Celle de la COVID-19 passera également. L'attrait d'une solution rapide ou d'un afflux soudain d'argent peut être irrésistible, mais cela se fait-il au détriment d'autres domaines [...]? »

Il n'est pas le seul à s'inquiéter. L'éditeur savant *Frontiers* a mené un sondage au printemps passé auprès de plus de 22 000 scientifiques de 152 pays. Près de la moitié d'entre eux craignent qu'on leur retire une partie de leur budget pour rediriger ces sommes ailleurs. Une réalité déjà vécue par le quart des répondants... Quarante-cinq pour cent des chercheurs s'accordent à dire que, pour parer à la covidisation, les gouvernements devront accroître leur participation en recherche fondamentale – ces travaux guidés par le pur désir d'explorer l'inconnu. En entrevue, Madhukar Pai formule le même souhait : « Les bailleurs de fonds doivent s'assurer qu'ils soutiennent une science diversifiée et motivée par la curiosité. »

Voilà un cri du cœur répété par la communauté scientifique depuis longtemps, bien avant la pandémie. Les élus n'y sont guère sensibles. Ils préfèrent financer la recherche appliquée, porteuse de résultats concrets à présenter aux électeurs. Or, faut-il le rappeler, il n'y a pas de recherche appliquée sans recherche fondamentale. Si l'on doit tirer une leçon de la pandémie, c'est bien celle-ci : les fameux vaccins à ARN ne sont pas apparus comme par magie; ils sont le fruit de travaux fondamentaux amorcés à la fin des années 1970 par Katalin Karikó, une biochimiste américaine d'origine hongroise, qui croyait dans le potentiel de l'ARN messager pour lutter

contre des maladies et qui s'est battue pour faire progresser ses recherches, malgré le mépris de ses collègues et les nombreux refus des agences de financement.

Chaque jour, des idées inédites, improbables, voire rocambolesques, germent dans nos universités. Il faut oser parier sur ces savoirs en friche qui pourraient un jour contribuer à améliorer notre sort.

Heureusement, la sortie du Dr Pai n'est pas passée inaperçue. En juin dernier, le président du Conseil national de la recherche du Fonds national suisse, Matthias Egger, a pris position : la covidisation de la recherche n'aura pas lieu sous sa gouverne. Au moment d'écrire ces lignes, aucune déclaration de la sorte n'a été faite au Québec et au Canada. Néanmoins, la conseillère scientifique en chef du Canada, Mona Nemer, a abordé le sujet avec les dirigeants des organismes fédéraux subventionnaires à la Conférence sur les politiques scientifiques canadiennes, tenue en novembre 2020.

C'est un début, mais il faut davantage. Le monde de la recherche ne pourra se redéfinir dans l'après-COVID-19 avec des demi-mots et des demi-mesures. Les chercheurs doivent sentir que les pistes qu'ils creusent sont valides et importantes. Cela doit se manifester autant en espèces sonnantes et rébuchantes qu'en paroles. Le message clair et éloquent de Madhukar Pai doit être repris sur toutes les tribunes : « Si vous aimez la recherche sur les coelacanthes, les dinosaures, les quasars explosifs, la violence liée aux armes à feu, le réchauffement climatique, la matière noire ou tout ce qui vous tire de votre lit tôt le matin, continuez à vous y intéresser ! Nous en avons besoin ! » ●

AVRIL-MAI 2021
VOLUME 59, NUMÉRO 7

Rédactrice en chef
Marie Lambert-Chan

Journalistes
Marine Corniou, Mélissa Guillemette
Journaliste Web et médias sociaux
Annie Labrecque

Collaborateurs
Maxime Bilodeau, Jean-François Cliche,
Jocelyn Coulon, Émilie Folie-Boivin,
Chloé Freslon, Joël Leblanc, Martine
Letarte, Sylvain Lumbruso, Alexandra
S. Arbour, Saturnome, Jean-Patrick
Toussaint, Dominique Wolfshagen

Correctrice-révisure Sophie Cazanave
Directrice artistique Natacha Vincent
Photographes/illustrateurs/graphiste
Françoise Abbate, François Berger,
Nicole Aline Legault, Pierre-Paul
Pariseau, Donald Robitaille/OSA, Vigg

Éditeur Jean-François Rheault
Comptabilité Mimi Bensaïd
**Chargée de projets, communications
marketing** Maryvonne Charpentier
**Conseillère, relations de presse
et marketing** Stéphanie Couillard
**Vice-présidente marketing et service
à la clientèle** Josée Monette

SERVICE AUX ABONNÉS :
514 521-8356, poste 504, ou
1 800 567-8356, poste 504
serviceclient@velo.qc.ca

PUBLICITÉ :
Claudine Mailloux
514 909-4601 cmailloux@velo.qc.ca
Impression Solisco
Distribution Messageries Dynamiques
Parution : 1^{er} avril 2021
(569^e numéro)

Abonnement Canada, 1 an : 36 \$ + taxes
États-Unis, 1 an : 84 \$
Outre-mer, 1 an : 124 \$
Québec Science est publié
par Vélo Québec Éditions

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du
Québec, Bibliothèque nationale du Canada :
ISSN-0021-6127
Envoi Poste-Publications Convention
n° 40065387.
© Copyright 2021 – *Québec Science*.
Tous droits de reproduction,
de traduction et d'adaptation réservés.

Indexé dans **repère**
Québec Science reçoit l'aide financière du
ministère de l'Économie et de l'Innovation du
Québec. Nous reconnaissons l'appui financier
du gouvernement du Canada.



Le magazine
Québec Science
est imprimé sur
du papier certifié
FSC® (Forest
Stewardship
Council®), donc
issu de forêts
bien gérées et
d'autres sources
responsables.



Babillard

NOTRE COUVERTURE



Dans ce numéro, ma collègue Annie Labrecque m'a fait voyager dans le temps avec son reportage sur les cartes du monde. Témoins de notre histoire, elles ont été conçues par les grands explorateurs et les géographes d'autrefois, dont le savoir est toujours bien présent dans nos GPS et nos cartes numériques.

Voilà pourquoi il m'est apparu intéressant de proposer en couverture un parallèle entre l'image d'un globe à l'aspect futuriste et la suggestion d'une carte plus ancienne. Pour cela, j'ai mandaté l'exceptionnel Donald Robitaille afin d'illustrer cette idée. Mais avant toute chose, il nous fallait trouver LE globe qui ornerait la couverture. Rapidement, une difficulté étonnante a surgi : impossible de mettre la main sur un globe en français, ce qui est pourtant primordial pour un magazine publié au Québec. Après des jours de recherche, nous avons enfin découvert la perle rare. Tel un bijou argenté, il se détache sur un fond turquoise, une teinte qui rappelle le camaïeu de la mer, et repose sur une carte de couleur sable posée à plat.

— **Natacha Vincent**, directrice artistique

DISTINCTION

DES DIAMANTS COURONNÉS

Chaque année, les prix Roberval récompensent les meilleures œuvres en français expliquant la technologie. Notre journaliste Marine Corniou est lauréate dans la catégorie Journalisme scientifique et technique pour son article «Bijoux de laboratoire», qui racontait comment sont fabriqués les diamants de synthèse. Notre journaliste Mélissa Guillemette était finaliste dans cette même catégorie pour son reportage «Recycler les molécules plutôt que les bouteilles». Félicitations!



LE PRIX DU PUBLIC DE LA DÉCOUVERTE DE L'ANNÉE 2020

Depuis maintenant 28 ans, notre magazine réunit chaque automne un jury de chercheurs et de journalistes. Leur mission : sélectionner les 10 découvertes québécoises les plus impressionnantes de la dernière année. Le public est ensuite invité à voter pour celle de son choix. Cette année, c'est la recette novatrice pour fabriquer à moindre coût une batterie aux ions de lithium plus sécuritaire et plus verte qui a obtenu la faveur des lecteurs.

Ce prix est remis à Jacopo Profili, Mickaël Dollé, Steeve Rousselot, Erica Tomassi, Elsa Briqueleur et Luc Stafford, de l'Université de Montréal, ainsi qu'à David Aymé-Perrot, de l'entreprise Total. Ils ont uni leurs efforts pour faire cohabiter deux composantes qui a priori n'étaient pas compatibles dans une batterie aux ions de lithium : la carboxyméthylcellulose (CMC), un liant issu des résidus forestiers, et un électrolyte à base d'eau. En effet, la CMC est soluble dans l'eau. L'équipe a créé un revêtement de plasma qui repousse l'eau tout en laissant passer les ions de lithium pour charger et décharger la batterie.

Les lecteurs qui participaient au concours couraient la chance de remporter un séjour familial au parc national du Mont-Mégantic. Le gagnant est David Meunier-Vallières, un fidèle abonné de *Québec Science* depuis plus de 10 ans.

Abonnez-vous

[www.quebecscience.qc.ca/
abonnez-vous](http://www.quebecscience.qc.ca/abonnez-vous)

514 521-8356, poste 504
1 800 567-8356, poste 504

Un changement d'adresse :
changementqs@velo.qc.ca

Écrivez-nous

courrier@quebecscience.qc.ca

Magazine *Québec Science*
1251, rue Rachel Est
Montréal (QC) H2J 2J9

Suivez-nous

www.quebecscience.qc.ca



ODE À LA LAIDEUR



Cet amphibien cécilien, *Microcaecilia dermatophaga*, est endémique de Guyane. Comme tout animal vermiforme, il n'a pas la cote.

La nature n'a pas créé des fleurs superbes et des animaux flamboyants. Elle a aussi engendré son lot de laiderons. Et si l'on posait sur eux un autre regard?

par Marine Corniou

Ils sont gluants, luisants, brunâtres ; ils ont la peau nue, plissée, des gueules béantes ou des museaux écrasés. En un mot, ils sont laids. Régulièrement, les médias s'en donnent à cœur joie en listant les animaux les plus inesthétiques de la création. Certaines espèces se retrouvent systématiquement dans ces palmarès, comme le rat-taube nu, un rongeur fripé et quasi aveugle, ou le blobfish, un poisson des abysses dont le faciès s'affaisse en une moue grotesque lorsqu'on le remonte à la surface.

Si quelques mammifères nous font sourire, comme le nasique et son nez immense ou l'aye-aye, un lémurien hirsute aux oreilles géantes, force est de constater que les créatures qui nous rebutent le plus sont des invertébrés, des poissons ou des amphibiens. Certes, le jugement esthétique est subjectif, mais certaines caractéristiques communes aux animaux mal-aimés nous font presque toujours froncer le nez. La faute à l'évolution, sans doute.

En 2019, des chercheurs tchèques ont ainsi demandé à des volontaires de classer 101 photos d'amphibiens selon leur degré de « beauté ». Alors que les grenouilles aux couleurs vives remportaient les faveurs des jurés, les céciliens, qui ressemblent à des serpents fousseurs, étaient les moins bien notés. « Les animaux en forme de vers sont probablement considérés comme laids ou dégoûtants parce qu'ils ressemblent à des parasites. Le cerveau humain a tendance à les catégoriser rapidement pour être plus réactif, quitte à craindre pour rien des animaux inoffensifs », explique l'auteure principale de

l'étude, Eva Longova, chercheuse en sciences cognitives à l'Université Charles de Prague.

Elle précise que le dégoût est toutefois complexe ; il est suscité par une combinaison de traits morphologiques et chromatiques qui ne sont pas perçus de la même façon dans toutes les branches du vivant. « Un oiseau laid ou rebutant n'aura pas forcément les mêmes attributs qu'un mammifère jugé comme tel », ajoute-t-elle. Reste que les bestioles roses ou grisâtres, aux yeux et à la tête petits par rapport au reste du corps et dotées de verrues ou autres tares cutanées ont peu de chances de remporter les concours de beauté.

Le monde végétal n'échappe pas au jugement cruel des humains. En témoignent les commentaires des chercheurs des Jardins botaniques royaux de Kew, un organisme britannique qui dresse chaque année l'inventaire des nouvelles espèces végétales découvertes sur la planète. Le cru 2020 comptait 156 plantes et champignons, dont une jolie broméliacée du Brésil aux pétales orangés. Mais c'est *Gastrodia agnicellus* qui a reçu le plus d'attention médiatique. Cette petite plante, dont la fleur brunâtre ressemble à un orifice suspect, s'est vu décerner le titre peu enviable d'« orchidée la plus laide du monde » par l'équipe.

Méchanceté gratuite ? Pas si vite. En mettant de l'avant leur vilain petit canard, les botanistes ont braqué les projecteurs sur la noble cause de la préservation de la biodiversité. « Puisque deux plantes sur cinq sont menacées d'extinction, c'est une course contre la montre pour trouver, identifier, nommer et préserver les plantes avant qu'elles disparaissent », rappelle le

communiqué sur une note plus sérieuse. *Gastrodia agnicellus* n'échappe pas à la règle : elle occupe un minuscule habitat à Madagascar, pays qui souffre de l'une des déforestations les plus massives sur terre.

« C'est vrai qu'il est plus facile de protéger des espèces charismatiques, comme l'ours polaire ou le panda. Les plantes sont d'ailleurs souvent victimes d'un manque de reconnaissance comparativement aux animaux, certains allant même jusqu'à parler d'un biais cognitif nommé « cécité des plantes ». En ce sens, l'initiative des jardins de Kew est intéressante pour attirer l'attention sur cette plante, mais aussi sur plusieurs autres mentionnées dans l'inventaire, commente Simon Joly, chercheur au Jardin botanique de Montréal. Pour paraphraser l'ingénieur forestier sénégalais Baba Dioum, on conserve ce qu'on aime et l'on aime ce que l'on connaît. »

Alors, pourquoi ne pas suivre l'exemple des botanistes de Kew et mettre la laideur sur le devant de la scène ? C'est ce qu'ont suggéré en 2017 des chercheurs de l'Université Johns Hopkins. Selon leur étude, avec quelques efforts de marketing, comme la diffusion de photos et de détails sur le statut de conservation des espèces, les associations de protection de la nature pourraient décupler la récolte des fonds destinés aux animaux au physique ingrat. Et même en faire de nouvelles mascottes. Ne dit-on pas que la beauté se trouve dans l'œil de celui qui regarde ? ●

À LIRE SUR NOTRE SITE :

« Quand l'évolution favorise la stupidité, la laideur et la petitesse »

www.quebecscience.qc.ca/sciences/evolution-stupide-laid

Le blobfish (*Psychrolutes microporosus*) est un poisson des abysses. Il fait une drôle de moue quand on le remonte à la surface, comme ici à bord du navire océanographique *Tangaroa*.



L'orchidée la plus laide du monde, *Gastrodia agnicellus*, sent étonnamment bon !

Ce poisson chauve-souris aux lèvres rouges « marche » sur les fonds marins avec ses nageoires. Son « nez » est en fait un rostre qui lui permet d'attirer ses proies.



Le rat-taupe nu, *Heterocephalus glaber*, originaire d'Afrique de l'Est, fascine les chercheurs : résistant au cancer, capable de survivre 18 minutes sans oxygène, il vit 10 fois plus longtemps que les autres mammifères de sa taille.



Contre les pirates électriques

Des cybercriminels pourraient perturber les réseaux d'électricité. Des experts tentent de les court-circuiter.

Par Mélissa Guillemette



Quiconque a vécu dans le triangle noir de la tempête de verglas de 1998 sait combien l'énergie est précieuse. Les pirates informatiques aussi le savent et c'est pourquoi les infrastructures électriques incarnent des cibles parfaites.

Mais attention, infiltrer et reprogrammer des procédés industriels (ce qu'on appelle la technologie opérationnelle ou TO) est pas mal plus compliqué que de mener une simple attaque pour espionner ou bloquer un système d'information (soit les technologies de l'information ou TI : les sites Web et autres outils informatiques où l'on stocke, traite et échange des données).

Ainsi, les cyberattaques confirmées sont rares dans les réseaux électriques. En décembre 2015, des pirates ont plongé 230 000 Ukrainiens dans le noir et le froid pendant quelques heures. Ils sont revenus à la charge un an plus tard pour perturber la capitale, Kiev. Un autre intrus est parvenu jusqu'aux systèmes de contrôle d'un opéra-

teur électrique en mars 2019 aux États-Unis, sans toutefois causer de bris de service. Quant au Canada, une attaque au printemps 2020 a frappé la Northwest Territories Power Corporation. « Les répercussions ont été minimales sur les systèmes de technologie opérationnelle, se faisant principalement sentir sur les systèmes d'intégration entre les TI et les TO », a précisé Doug Prendergast, porte-parole de la compagnie. Ce sont plutôt le site Web et le portail client qui ont été touchés; ils ont été paralysés pendant six semaines.

Dans un rapport publié à l'automne 2020, le Centre canadien pour la cybersécurité estimait vraisemblable que les infrastructures électriques du pays soient ciblées dans les prochaines années. D'une part, les demandes de rançons commencent à concerner des systèmes de contrôle dans d'autres industries : il y a de l'argent à faire. Puis, il y a les visées politiques. Même si le Canada n'est engagé dans aucun conflit sur la scène internationale, son voisin immédiat le place dans une situation délicate. « Les auteurs de

cybermenaces considèrent probablement le Canada comme une cible intermédiaire par laquelle ils peuvent passer pour nuire au secteur américain de l'électricité », lit-on dans le rapport. Il existe 35 connexions de lignes de transport d'électricité entre les deux pays.

REPÉRER LES ANOMALIES

C'est pour prévenir de tels risques qu'une équipe multidisciplinaire de l'Université de Sherbrooke s'est mise au travail, soutenue par un gouvernement fédéral soucieux. Il y a encore peu de recherche sur la protection des TO, comparativement aux TI. « Traditionnellement, les TO étaient complètement fermées; il n'y avait pas de communication avec le monde extérieur, explique Marc Frappier, chercheur principal au sein du projet et professeur au Département d'informatique. Pour l'attaquer, il fallait une composante physique, c'est-à-dire être dans l'entreprise ou utiliser un élément matériel. » Les systèmes sont un tantinet plus ouverts de nos jours afin de faciliter la gestion et la surveillance des opérations, ce qui les rend plus vulnérables.

Car même si les opérateurs font tout pour protéger leurs systèmes, des failles existent. « Les logiciels sont extrêmement compliqués : il y a des millions de lignes de code qui viennent de fournisseurs différents, comme Microsoft et des centaines d'autres. Quand on intègre tout ça, c'est normal que des trous de sécurité apparaissent, poursuit le chercheur. On les bouche au fur et à mesure qu'on les découvre. Mais les attaquants ont toujours une longueur d'avance; c'est leur mission de trouver ces brèches. »

Ses collègues et lui s'intéressent aux activités quotidiennes à Hydro-Sherbrooke. La petite taille du réseau municipal et sa proximité en font un laboratoire idéal pour mettre au point des outils qui seront utiles aux plus gros joueurs également. L'équipe de recherche a donc collecté des données



relatives aux opérations pendant quelques jours en 2020. Elle veut parvenir à détecter de façon automatique les anomalies, aussi subtiles soient-elles, entre autres grâce à l'intelligence artificielle (IA). « Dans le réseau de contrôle, les diverses composantes se parlent entre elles par télécommunication, dit Marc Frappier. [LIA] peut apprendre le *pattern* de ces communications et repérer si l'on en dévie, par exemple si les commandes surviennent habituellement à telle fréquence et qu'une commande supplémentaire arrive. »

Et que fait Hydro-Québec pour se prémunir contre ces risques ? D'abord, la société d'État embauche : l'équipe de cybersécurité passera de 150 à 215 travailleurs d'ici la fin de l'année. Ensuite, son institut de recherche commencera bientôt à simuler des attaques sur des équipements en laboratoire pour concevoir, lui aussi, des algorithmes capables de déceler les anomalies. Et dans l'immédiat, des solutions commerciales existent, bien que ces produits ne soient pas parfaitement au point, indique Moshe Toledano.

« Pour des raisons de sécurité », ce directeur de la sécurité des TIC (les technologies de l'information et de la communication) d'entreprise à Hydro-Québec ne peut pas nous révéler si des attaques ont déjà été tentées sur les infrastructures électriques. Mais il confirme que les pirates sont très actifs du côté des TI. « La grande majorité des attaques sont celles de criminels qui ont une motivation financière : les rançongiciels ou les courriels d'hameçonnage. Ils veulent faire un maximum d'argent dans de courts délais ; ils ciblent donc les TI, car viser les TO prend beaucoup plus d'énergie. » Mais quand moins de personnes seront prêtes à payer les rançons parce que des sauvegardes auront été réalisées pour protéger les données, les criminels vont assurément chercher d'autres sources de revenus. « Ils se tourneront peut-être vers les TO. C'est pour cela qu'on se prépare. » ●

Formation médicale: une histoire sans fin

Automne 2009. La deuxième vague de la pandémie de grippe A (H1N1) fait de nombreuses victimes. Je suis alors jeune journaliste à la Société Radio-Canada dans les Prairies. Je passe l'essentiel de mes journées à interviewer des médecins en santé publique qui orchestrent la lutte contre le virus en sensibilisant la population et en organisant une vaste campagne de vaccination. C'est à ce moment que je réalise que je suis du mauvais côté du micro. Sur un coup de tête, j'envoie ma demande d'admission en médecine. Et par une belle journée de mai, je reçois une réponse positive qui va changer ma vie.

J'attends la rentrée avec impatience. Fébrile, j'achète de nouveaux crayons et cahiers de notes, telle une écolière. L'ex-journaliste que je suis entre finalement dans un auditorium bondé du pavillon Roger-Gaudry de l'Université de Montréal, en pleine canicule, pour commencer « l'année préparatoire en médecine ». Au programme : cours de biologie, de physiologie, d'anatomie, d'embryologie, mais aussi d'éthique, de sciences sociales et de statistique. Submergée par les études, j'ai de la broue dans le toupet ! Mais je n'avais encore rien vu...

L'année suivante, j'amorce le doctorat en médecine. Je commence par deux ans de cours, où je décortique tous les systèmes du corps humain et leurs troubles. Une fois par semaine, j'ai le privilège d'aller à l'hôpital pour apprendre les rudiments de la profession. Stéthoscope au cou, j'ai l'impression de jouer à *D^{re} Grey, leçons d'anatomie* (avec un peu moins de romance tout de même). Je rencontre mes premiers « vrais » patients et formule mes premières hypothèses diagnostiques — qui ratent souvent la cible ! Le contact avec les malades me confirme que, même si la route est encore longue, je suis sur le bon chemin.

Ensuite, c'est l'externat. Deux ans de stages en continu pour mettre nos connaissances théoriques en pratique. Toutes les spécialités médicales y passent : médecine familiale, psychiatrie, gynécologie-obstétrique, pédiatrie, chirurgie, etc. Être externe, c'est ingrat. Les

journées sont bien — parfois trop — remplies à l'hôpital et le soir il faut étudier pour avoir l'air intelligent le lendemain et impressionner nos patrons. Pour moi, c'est aussi le premier contact avec la gériatrie. Les gériatres sont les médecins les plus bienveillants que j'ai jamais vus ! Et que dire des patients, avec leurs parcours de vie complexes, leurs problèmes de santé tout aussi complexes et la reconnaissance qu'ils ont envers leurs soignants...

Ces deux ans de labeur s'achèvent par un examen qui me permet enfin d'être reçue médecin et d'entamer la prochaine étape : la résidence. Elle dure cinq ans, car j'ai choisi la gériatrie ; si j'avais opté pour la médecine familiale, il m'en aurait fallu deux. Il y a plus de 3 500 résidents chaque année au Québec. Ils posent des diagnostics, enseignent aux stagiaires, font des gardes, prescrivent des traitements à raison de 72 heures par semaine en moyenne. Ils demeurent toutefois sous la supervision constante d'un médecin en exercice. Je peux témoigner qu'il est parfois difficile d'être évalué constamment... J'imagine que cela nous prépare à affronter le regard parfois très critique que pose la société sur notre profession.

Janvier 2021. La pandémie de COVID-19 atteint des sommets. Après un congé de maternité, je retourne à l'hôpital finir ma résidence. J'ai vraiment hâte de revenir au front et de terminer ma formation médicale. Au moment où vous lirez ces lignes, je serai officiellement interniste gériatre, en plus d'avoir le privilège d'être chroniqueuse à *Québec Science*.

Alors mes études sont-elles enfin finies, comme me le demandent mes proches depuis une décennie ? Eh bien non. La formation se poursuit tout au long de la carrière d'un médecin, car il faut accumuler au moins 250 heures de formation continue par cycle de cinq ans pour rester à la fine pointe des connaissances. On dit que tant qu'il y a de la vie, il y a de l'espoir. Vous savez maintenant qu'en médecine tant qu'il y a de la maladie, il y a de l'étude. ●

Des fossiles surprenants à Schefferville



Une formation rocheuse ouvre une fenêtre sur un passé qu'on croyait inaccessible au Québec.

Par Joël Leblanc



Alexandre Demers-Potvin a publié un article décrivant une espèce de mante religieuse préhistorique. Pour ce faire, il s'est appuyé sur une poignée de fossiles, dont celui-ci mis au jour par Mario Cournoyer en 2013.

Une vue d'ensemble des piles de sédiments datant d'environ 100 millions d'années qui contiennent des fossiles d'insectes et de plantes.

Pour quiconque s'intéresse à la paléontologie, il s'agit presque d'une vérité de La Palice : on ne trouve pas de fossiles de dinosaures au Québec parce que notre sol ne renferme pas de formations rocheuses du mésozoïque, c'est-à-dire la période de 250 à 66 millions d'années avant notre ère pendant laquelle ces reptiles ont vécu. On a surtout des roches plus anciennes, les glaciers ayant pulvérisé les formations « plus jeunes ».

Des fossiles découverts dans les débris rocheux d'une mine de fer abandonnée, à 20 km de Schefferville, bousculent toutefois le paradigme. Il ne s'agit pas de dinosaures fossilisés : le dernier élément mis au jour et décrit par Alexandre Demers-Potvin, un étudiant de maîtrise de l'Université McGill, est une espèce de mante religieuse préhistorique. L'âge de la bestiole ? Cent millions d'années, selon l'article qu'il a copublié en janvier dans *Systematic Entomology*.

« La datation [de cette formation rocheuse] est basée sur les très nombreuses feuilles de végétaux fossilisées qu'on y trouve, explique Alexandre Demers-Potvin. En établissant une comparaison

avec d'autres sites fossilifères dans le monde dont l'âge est bien connu, on a pu conclure que la formation datait d'une sous-période du crétacé comprise entre 95 et 100 millions d'années. »

Il s'en est fallu de peu que l'endroit ne livre jamais ses secrets. Au début des années 1950, à l'aube de l'exploitation minière dans la région, un ingénieur géologue du nom de Roger A. Blais, qui travaille pour l'Iron Ore Company, remarque une mince couche de roche rouge dans un secteur qu'on s'apprête à excaver. Son œil est attiré par de nombreux fossiles de feuilles. Il ramasse quelques spécimens et consigne le tout dans un rapport. Mais l'excavation continue et la formation géologique disparaît sous l'assaut des pelleteuses.

Des décennies plus tard, en 2018, Alexandre Demers-Potvin se présente sur les lieux avec quelques collègues, dont Mario Cournoyer, directeur général du Musée de paléontologie et de l'évolution de Montréal. Ils ont eu vent des fossiles observés à l'époque. En arpentant les résidus rocheux, les fouilleurs tombent sur des fragments de la formation. « Ce sont de petits bouts de roche de quelques centimètres à peine », décrit Mario Cournoyer. Les paléontologues repèrent dans

ces cailloux des épines de conifères, des feuilles, des ailes d'insectes... « Ces éléments se sont déposés à l'époque au fond d'un petit lac. Les conditions étaient parfaites pour leur préservation. Les sédiments se sont compressés et consolidés pendant les millions d'années qui ont suivi », poursuit Mario Cournoyer. À l'origine, le lac était peut-être situé au fond d'un rift, une dépression de la croûte terrestre. Une fois le lac asséché, le rift s'est rempli de sédiments. Enfouie en profondeur, la petite formation a ainsi été épargnée par le passage subséquent des glaciers.

Depuis cette expédition mémorable, Alexandre Demers-Potvin publie ses descriptions d'insectes disparus dans des articles scientifiques. « Des phasmes, des blattes, des nymphes d'éphémères, des coléoptères... Il y a encore beaucoup de choses à faire connaître », annonce le jeune chercheur.

Si des dinosaures ont bu dans l'ancien petit lac, ils n'y ont laissé aucune trace. « Malheureusement, les conditions qui permettent la conservation des cuticules d'insectes et des feuilles d'arbres, notamment l'acidité, ne permettent pas de préserver des os et du bois », conclut Mario Cournoyer. ●

Couche d'ozone: le retour des gaz fluorés ?

Par Marine Corniou



L'interdiction progressive des hydrochlorofluorocarbones (HCFC), des gaz réfrigérants connus pour leur effet nocif sur la couche d'ozone, a été actée en 1987 par le Protocole de Montréal, que 196 pays ont signé. Mais ces substances n'ont pas disparu pour autant. Au contraire, la concentration de certains HCFC augmente dans l'atmosphère depuis quelques années. Pire, un nouveau gaz de cette famille a fait récemment son apparition !

C'est ce qu'a constaté une équipe suisse grâce à des données collectées dans les Alpes et dans huit autres stations du réseau mondial AGAGE (Advanced Global Atmospheric Gases Experiment), composé de capteurs répartis en altitude ou sur les côtes. Ceux-ci mesurent des gaz à l'état de traces, qui constituent moins de 0,1 % de l'atmosphère.

« Nous avons détecté trois HCFC dont les concentrations se sont accrues au cours des dernières années, détaille Martin Vollmer, premier auteur de l'article publié dans la revue *Proceedings of the National Academy of Sciences*. L'un d'eux, nommé HCFC-132b, est nouveau au sens où personne ne savait qu'il était présent dans l'atmosphère. Nous le mesurons depuis plusieurs années maintenant et, en nous appuyant sur des échantillons d'air archivés dans des cuves depuis 1978, nous avons noté qu'il est apparu dans les années 1990. »

C'est dans un centre perché à 3 500 m dans les Alpes que ce chercheur du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche traque les gaz polluants dans l'atmosphère

tel un détective. Il doit maintenant résoudre l'énigme des trois gaz décelés : ils n'ont pas d'usage connu. « Ils pourraient être utilisés illégalement, mais il est plus probable qu'il s'agisse de sous-produits ou peut-être de matières premières pour certaines réactions chimiques », explique-t-il. Les usines produisant des fluides frigorigènes ou des mousses isolantes sont les principales suspectes.

Selon ces travaux, les émissions proviennent presque en totalité de l'Asie de l'Est. « Pour le HCFC-132b, c'est flagrant, précise Martin Vollmer. On a localisé la principale région d'émission dans le nord-est de la Chine ; pour un autre, le HCFC-133a, la source est plutôt vers Shanghai. »

Si ces faibles quantités de gaz ne menacent pas la couche d'ozone dans l'immédiat, elles confirment une tendance inquiétante. « Le trou dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique s'est stabilisé et pourrait se refermer dans les décennies à venir. Mais de plus en plus de produits chimiques halogénés ne diminuent pas comme prévu », rappelle le scientifique. Ses constats font écho au scandale d'un autre gaz fluoré, le CFC-11, dont la production illégale est repartie à la hausse en Chine depuis 2012. « Ce que montre notre étude, dit-il, c'est qu'on ne peut pas se fier aux rapports d'inventaire des pays. Il faut compléter les données par des observations et des modélisations pour obtenir des estimations indépendantes des émissions de ces substances. » Il serait en effet dommage de relâcher la vigilance, alors que le Protocole de Montréal commence à porter ses fruits. ●

CHLOÉ FRESLON  @f_chloe

Technopop



wikiHow, l'éternel négligé

C'est le genre de site auquel personne ne pense, mais dont nous avons tous besoin à un moment ou à un autre : wikiHow.

Le site présente des tutoriels qui vont de « Comment embrasser avec la langue » à « Comment défendre les droits de l'Homme » en passant par « Comment congeler du lait ». Ses contenus variés lui ont d'ailleurs valu de nombreux mêmes et moqueries depuis plusieurs années... au grand plaisir de son fondateur, Jack Herrick.

Les articles de wikiHow suivent tous la même structure : un titre qui annonce un problème concret, des étapes à suivre illustrées et un forum de questions-réponses animé par la communauté. Cette dernière, justement, rend le tout possible. Un article est édité par 23 personnes en moyenne et les textes cochés en vert ont été revus par un professionnel comme un médecin, un avocat ou encore un vétérinaire. La véracité des contenus est un pilier important du site, qui a même établi un partenariat avec l'Organisation des Nations unies pour fournir des informations factuelles et étayées par des experts sur des sujets tels que la COVID-19, l'utilisation responsable d'Internet, etc.

Côté design, soyons clairs, wikiHow n'est pas très attrayant : ses pages vert pastel sont omées d'images tout droit sorties d'un manuel scolaire de la fin des années 80. Pourquoi ? On ne sait pas. Peut-être parce que le site préfère se consacrer au contenu. Ou parce qu'il aime faire bande à part.

En effet, on ne peut pas dire que wikiHow est une entreprise technologique traditionnelle. Le site n'a jamais accepté d'investissement extérieur ni de capital de risque et n'a jamais été vendu. Dans la Silicon Valley, c'est le type d'entreprise qu'on regarde avec dédain. Et pourtant, il s'agit du site de publication le plus consulté du monde ! Le secret se cacherait-il dans ses valeurs et son modèle d'affaires ? Ses revenus sont produits grâce à la publicité, comme Facebook, mais la ressemblance s'arrête là. Toute personne qui crée un compte wikiHow voit toutes les publicités du site désactivées. Le site tire ses bénéfices de lecteurs occasionnels qui ne s'y inscrivent pas et continuent à voir des annonces.

C'est peut-être en raison des personnages au sourire niais qui illustrent les pages ou de la simplicité des étapes à suivre, mais wikiHow nous donne de l'espoir. L'espoir qu'apprendre est facile. Comme le ferait un parent, le site nous encourage à réaliser des choses qu'on ne sait pas encore faire et à croire en nos capacités. Il nous aide à être une meilleure version de nous-mêmes. Apprendre de nouvelles choses, n'est-ce pas ce qui nous attire tous sur le Web ? Que celui qui n'a jamais passé un samedi soir complet à naviguer de page en page sur Wikipédia me jette la première souris ! ●



JEAN-FRANÇOIS CLICHE  @clicjf

Polémique

Une épidémie de chiffres

A

ma connaissance, on ne s'est jamais autant intéressé aux statistiques que pendant la pandémie de COVID-19. Y a-t-il eu plus de cas ici qu'ailleurs? Plus de morts par million d'habitants? Si l'on normalise pour annuler l'effet du vieillissement de la population, est-ce que c'est toujours pire chez nous qu'ailleurs? Et si l'on compte juste les cas et les décès dans les CHSLD? Cet intérêt se comprend aisément, puisqu'il s'agit de la pire crise sanitaire qu'on a connue depuis longtemps. Mais plus le temps passe, et moins je sais s'il faut en rire ou en pleurer.

Car les chiffres donnent une impression (parfois trompeuse) d'objectivité et de rigueur. Si une statistique appuie une idée, alors on se dit intuitivement qu'elle doit être vraie, voire incontestable. Car qui, sinon des esprits réfractaires aux lumières de la science, oserait contredire des faits chiffrés? Personne de sensé, se dit-on. Et c'est ainsi qu'on a fait dire beaucoup, beaucoup de choses aux statistiques pendant la pandémie.

Un des meilleurs exemples qui soient est le nombre de décès dus à la COVID-19. Dans les médias, sur les réseaux sociaux et même parmi certains chercheurs, on y a vu un indicateur permettant de savoir si les décisions du gouvernement de François Legault étaient les bonnes. Les décès ont été plus nombreux au Québec qu'ailleurs? C'est forcément parce que les mesures n'étaient pas suffisantes, ont conclu les uns. Il y a eu un peu moins de morts en Suède que chez nous? C'est la preuve que le confinement ne donne rien, ont scandé les autres.

Or, ces comparaisons-là sont terriblement moins parlantes qu'il y paraît. On a beau ramener les décès au prorata de la population, faire partir les courbes au même point de la pandémie (le moment où un pays passe le seuil du un décès par million d'habitants par exemple) plutôt qu'à la même date et faire toutes sortes de manipulations pour rendre les données aussi comparables que possible, il reste qu'on se trouve devant des indicateurs qui, malgré leur apparente simplicité, sont influencés par des tonnes de variables enchevêtrées au point de nous faire comparer des pommes avec des oranges sans qu'on s'en rende compte.

Voici quelques exemples :

- L'âge de la population. En moyenne, la COVID-19 tue davantage dans les pays où la population est plus âgée (comme en Italie).

- La discipline collective. Dans certaines régions du monde, l'individu est habitué à faire passer l'intérêt collectif avant toute chose. C'est le cas de la Suède : les données de mobilité indiquent nettement que les Suédois ont réduit leurs déplacements presque autant que les autres pays scandinaves, même sans confinement obligatoire – ce qui, en soi, devrait interdire toute conclusion générale sur l'efficacité des confinements à partir du seul cas suédois.

- La culture. Certains traits culturels comme l'habitude de se serrer la main peuvent jouer sur la propagation du virus et au bout du compte sur le nombre de décès.

- La densité. Une étude parue dans *Nature* a révélé que les habitudes de socialisation combinées avec la répartition d'une population dans l'espace déterminent si l'épidémie sera étendue dans le temps ou foudroyante – ce qui risque d'engorger les hôpitaux et d'avoir un effet sur la mortalité.

Pour avoir une idée du poids de ces facteurs sur le bilan des victimes d'un pays ou d'une région, il suffit de consulter une étude parue en novembre dans *Nature Human Behaviour*. L'article a montré qu'aux États-Unis, même si dans les comtés républicains les



consignes sanitaires ont été moins respectées que dans les comtés démocrates, le nombre de décès y a progressé beaucoup moins vite. Cela ne veut pas dire que ces mesures ne fonctionnent pas : les auteurs indiquaient au contraire que les comtés républicains auraient dénombré encore moins de cas et de morts si leurs habitants s'étaient confinés ou avaient appliqué les mesures de distanciation physique autant que la population des comtés démocrates. Mais cela illustre à quel point les « autres facteurs » (comme le fait que les comtés démocrates sont plus urbains et plus denses en moyenne) peuvent peser lourd sur le bilan de la pandémie d'un pays ou d'une région. Et cela montre aussi combien on erre en réduisant la « performance » d'un gouvernement ou l'efficacité d'une mesure à un seul chiffre.

Comme l'écrivait sur le site de *L'actualité* le toujours éclairant Yves Gingras, sociologue des sciences à l'Université du Québec à Montréal : « Nous vivons dans un monde qui semble régi par une loi sociale stipulant qu'un nombre quelconque vaut mieux que pas de nombre du tout. » Pour le meilleur et (ces temps-ci) pour le pire... ●



**IN
RS**

Institut national
de la recherche
scientifique

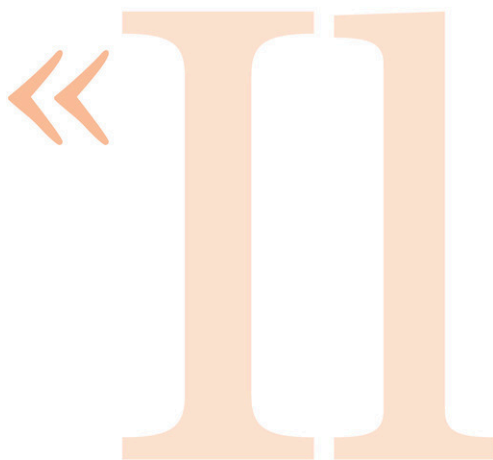
**Changer le monde
par la
recherche**

INRS.CA

Pourquoi faut-il croire en la science ?

La science est un processus social et consensuel. C'est de là qu'elle tire son pouvoir et sa légitimité, argumente l'historienne Naomi Oreskes.

Par Marie Lambert-Chan



est mignon, n'est-ce pas ? » À l'écran, l'historienne des sciences Naomi Oreskes agite son masque rose. « Il est fait de trois couches et je peux y glisser un filtre en quelques secondes. Je le lave régulièrement avec le reste de mes vêtements. C'est si peu exigeant. Qu'est-ce que je perds à le porter, alors que plusieurs chercheurs s'entendent sur son efficacité ? »

Que gagne-t-on à croire en la science ? Que perd-on à ne pas le faire ? Et pourquoi devrait-on accorder notre confiance aux scientifiques quand on sait que des théories peuvent être renversées à la lumière de nouvelles preuves ? Voilà des questions qui ont guidé la carrière de la professeure de l'Université Harvard qui s'est fait connaître en 2010 par son livre *Les marchands de doute*, coécrit avec Eric M. Conway, historien au Jet Propulsion Laboratory de la NASA. Ils y décrivaient les campagnes successives de désinformation financées par l'industrie dans le but d'entretenir la confusion sur les effets néfastes du tabagisme, des pluies acides et du trou dans la couche d'ozone, de même que sur l'existence des changements climatiques.

Depuis, Naomi Oreskes enchaîne les conférences sur les tactiques « anti-sciences », la communication de la science et, surtout, la fiabilité du consensus scientifique. Ses réflexions font l'objet d'un nouvel ouvrage : *Why Trust Science ?* Bien qu'elle l'ait achevé avant la pandémie, l'historienne y livre des arguments plus pertinents que jamais dans un contexte où les incertitudes abondent.

Québec Science : Pour justifier qu'une réalité est établie, on se réfère souvent au consensus scientifique. On dira ainsi qu'il y a consensus sur le fait que les activités humaines sont à l'origine du réchauffement climatique. Mais que signifie ce mot ?

Naomi Oreskes : À bien des égards, ce n'est qu'un mot sophistiqué pour désigner un accord. Quand les scientifiques parviennent à un consensus, cela veut dire qu'ils ont abouti à un accord après un long processus qui consiste à évaluer la qualité et la quantité des preuves. Il est difficile d'obtenir une telle entente. Cela peut prendre des années de discussion, un nombre incalculable d'articles scientifiques, une collecte de données ardue... Pour documenter les changements climatiques, des chercheurs ont dû forer des carottes de glace au Groenland et en Antarctique. Certains y ont trouvé la mort. Un consensus n'est donc pas un simple vote ; le parcours pour y arriver est incroyablement exigeant. Et selon moi, c'est la raison pour laquelle on peut avoir confiance en la science.

Cela étant dit, il arrive qu'un chercheur refuse d'adhérer au consensus, et ce, même dans le cas de théories prouvées hors de tout doute, comme celle de la relativité générale. Dans l'histoire des sciences, on observe ce phénomène depuis longtemps. Néanmoins, la plupart du temps, la dissidence meurt avec le dissident. Il est raisonnable de garder l'esprit ouvert et de se demander si cette personne possède des preuves que d'autres ont ignorées. Mais si aucune nouvelle donnée convaincante n'est apportée, le consensus demeurera.

QS En l'absence d'un tel accord collectif, qui doit-on croire ?

NO En effet, il peut être difficile de s'y retrouver, surtout lorsqu'on nous présente des faits qui semblent contradictoires et qu'on nous donne l'impression qu'il y a un débat public. Le cas du port du masque est riche d'enseignements. Au départ, il y a eu certains désaccords entre les scientifiques pour des raisons méthodologiques. Certains affirmaient qu'on n'avait pas la preuve que le port du masque fonctionnait pour le SRAS-CoV-2. Et c'était vrai parce que le virus était nouveau. On ne savait rien à son sujet. D'autres ont dit : « Mais on connaît beaucoup de choses sur les virus respiratoires en général et l'on sait que le port du masque réduit la transmission de ces virus. Il est donc logique que le masque fonctionne ici aussi. » Au sein de la communauté scientifique, le consensus a émergé rapidement... mais pas dans l'espace public. La faute revient en partie aux médias, qui ont présenté ces échanges comme un réel conflit. Le degré de désaccord a par ailleurs été déformé, surestimé. Au bout du compte, si l'on a l'impression qu'il n'y a pas de consensus, ce n'est pas du côté de la science qu'il faut chercher, mais du côté politique et social. Aux États-Unis, c'est le Parti républicain qui a nourri le doute et la confusion au sujet du masque.

L'Organisation mondiale de la santé est aussi à blâmer. Le langage utilisé par ses dirigeants est inutilement compliqué. Cela m'agace de voir des organismes de cette trempe embaucher les meilleurs experts

De l'extérieur, tout semble opposer un biologiste de l'évolution et un partisan du créationnisme. Mais tous deux se soucient de leurs enfants, de l'avenir de l'humanité, de la beauté du monde naturel.

pour exécuter de la recherche pointue et ensuite négliger la communication des résultats.

QS *Devant l'incertitude, vous suggérez de recourir au pari de Pascal. De quoi s'agit-il et comment cela peut-il nous être utile?*

NO C'est une façon de soupeser nos choix devant les risques courus. Au 17^e siècle, le philosophe et mathématicien Blaise Pascal en a fait la démonstration autour de la question qui lui semblait la plus importante de toutes : Dieu existe-t-il ? Incapable de prouver son existence, il s'est trouvé face à deux choix : il pouvait croire en lui ou non. S'il croyait en lui et que, au final, Dieu n'existe pas, où était le mal ? Il ne perdait pas grand-chose. Mais s'il ne croyait pas en Dieu et que celui-ci existe bel et bien, alors il brûlerait en enfer pour l'éternité. Il s'agissait donc d'évaluer le risque relatif.

Le pari de Pascal est utile en tout temps et en toutes choses. Quels sont les risques d'accepter ce nouvel emploi ? D'acheter une maison ? De me marier ? De ne pas lutter contre les changements climatiques ? Dans ce cas précis, la réponse est claire : si la situation est aussi grave que le disent les scientifiques et que nous continuons à ne rien faire, on subira des pertes immenses et irréparables sur les plans financier, humain, du règne animal, des espèces végétales... Une fois que le processus est enclenché, on ne peut pas revenir en arrière. C'est comme si Pascal décidait de croire en Dieu une fois rendu en enfer ! Et qu'arrive-t-il si l'on met en place des mesures de lutte et que, finalement, le réchauffement n'était pas si grave ? On en tirerait quand même des avantages. Par exemple, le passage aux énergies renouvelables permettrait également d'assainir l'air. Presque toutes les études économiques

crédibles sur le sujet montrent que le coût de l'inaction est plus élevé que celui de l'action.

Le point de vue pascalien sur le masque est aussi sans équivoque : le risque de porter le masque est minuscule comparativement à celui de ne pas le porter.

QS *Dans votre livre, vous écrivez que, pour atteindre le consensus, les scientifiques doivent faire preuve de « flexibilité méthodologique », c'est-à-dire ne pas écarter des données sous prétexte qu'elles ne correspondent pas aux normes. Vous illustrez votre propos par l'exemple de la pilule contraceptive. Et vous dévoilez un pan de votre vie personnelle.*

NO En général, les chercheurs en sciences de la santé sont sceptiques à l'égard des questionnaires remplis par les patients – avec raison. Ceux-ci peuvent être confus, mentir sur leurs habitudes de vie. Mais le cas de la pilule est différent. Dès le début, plusieurs femmes ont déclaré être devenues dépressives après avoir commencé à la prendre. À mon avis, c'est une preuve importante. D'abord, les témoignages étaient nombreux. Ensuite, pourquoi une femme mentirait-elle ainsi ? C'est une situation qu'on préfère cacher. Enfin, j'ai décidé d'en parler parce que c'est ce qui m'est arrivé. Ce médicament a changé mon état mental pratiquement du jour au lendemain. Par chance, j'ai consulté un thérapeute qui m'a crue parce qu'il avait lu sur les liens entre la pilule et la dépression.

Avec cet exemple, je veux montrer que les données sont de différentes tailles, formes et couleurs. Certaines sont meilleures que d'autres. Mais on ne doit pas les ignorer parce qu'elles ne sont pas parfaites. Les données d'essais

cliniques randomisés ne sont pas les seules sources valables. Comprendre un problème complexe signifie souvent être prêt à l'examiner sous divers angles.

QS *Vous estimez que les scientifiques devraient s'ouvrir davantage au public, parler de leurs valeurs. Ils gagneraient ainsi en crédibilité. Pourquoi ?*

NO J'ai découvert que la plupart des scientifiques pensent que parler de leurs valeurs est inapproprié parce que la science est censée être objective. Ils interprètent l'objectivité comme étant la neutralité des valeurs. Or, la neutralité des valeurs n'existe pas. On a beaucoup plus de chances d'être considéré comme un témoin crédible et un messenger de confiance si l'on est honnête quant à ses valeurs. Par ailleurs, bien des chercheurs supposent à tort que leurs valeurs sont très différentes de celles de leurs interlocuteurs. De l'extérieur, tout semble opposer un biologiste de l'évolution et un partisan du créationnisme. Mais tous deux se soucient de leurs enfants, de l'avenir de l'humanité, de la beauté du monde naturel. L'un parlera de « biodiversité », l'autre de « création de Dieu ». En fin de compte, ils s'intéressent à la même chose. Il y a donc des moyens de se rapprocher de l'autre. En parlant de soi, on arrive à captiver son public de façon plus intime. J'en fais l'expérience depuis plusieurs années, entre autres par mon récit sur la pilule. Il s'agit de réunir l'intellectuel et l'émotionnel, la tête et le cœur parce que nous sommes des personnes à part entière. Et je pense que nous communiquons mieux lorsque nous embrassons cette globalité. ●

PETITS CAILLOTS, GROS DÉGÂTS AU CERVEAU

Des chercheurs tentent de mettre K.-O. les microcaillots causés par la fibrillation auriculaire, une arythmie cardiaque qui serait responsable de la dégradation prématurée de certaines parties du cerveau.

Bo-boum, bo-boum, bo-boum... Tout va bien, le cœur se contracte de façon ordonnée : il resserre d'abord les chambres dans le haut du cœur, les auricules, ce qui envoie le sang vers les chambres du bas, nommées ventricules (on entend le « bo- »). Puis la contraction cardiaque descend à son tour pour écraser les ventricules, ce qui propulse le sang vers tout le corps (on entend le « -boum »).

Par contre, chez les personnes souffrant de fibrillation auriculaire – soit plus de un pour cent de la population –, la contraction des auricules est désorganisée. Le sang n'est pas totalement pompé, y stagne parfois longtemps, ce qui peut occasionner la formation de caillots. « Les caillots naissent dans le cœur, mais la conséquence se trouve ailleurs. Ils peuvent migrer dans le reste du corps, mais le plus souvent, ils se logent dans le cerveau, car c'est la première

destination des artères après le cœur », explique la D^{re} Lena Rivard, cardiologue à l'Institut de cardiologie de Montréal.

Quand les caillots sont gros, la personne subit un accident vasculaire cérébral (AVC), mais la D^{re} Rivard et ses collègues de l'Institut soupçonnent que la fibrillation auriculaire occasionnerait en douce la dégradation de certaines parties du cerveau, à cause de microcaillots.

« On sait que les personnes atteintes de fibrillation auriculaire font davantage d'AVC, mais, depuis quelques années, il y a de plus en plus de publications rapportant une plus grande proportion de déclin cognitif chez les gens qui font de l'arythmie. C'est graduel, on ne devient pas dément du jour au lendemain; ça commence par des troubles de la mémoire ou des troubles liés à l'exécution », poursuit la cardiologue.

C'est exactement ce qu'elle a observé dans sa pratique, entre autres chez un directeur d'entreprise quinquagénaire contraint de partir prématurément à la retraite parce que ses facultés cognitives étaient trop touchées. À la suite d'un examen d'imagerie par résonance magnétique, les médecins ont remarqué que son cerveau présentait de multiples microcaillots. On a alors prescrit à l'homme un anticoagulant, un médicament qui fluidifie le sang, et son état s'est stabilisé : il n'a pas retrouvé les facultés perdues, mais elles ont cessé de se dégrader.

Mais alors, serait-il possible pour les personnes souffrant d'arythmie de prendre des anticoagulants de manière préventive afin d'éviter ce déclin cognitif? C'est ce que



La D^{re} Lena Rivard, cardiologue à l'Institut de cardiologie de Montréal

tentent de démontrer la D^{re} Rivard et ses collègues, les D^{rs} Denis Roy et Paul Khairy, avec l'étude BRAIN-AF. Ils suivront pendant cinq ans en moyenne les patients de moins de 65 ans atteints de fibrillation auriculaire traités aux anticoagulants en les comparant avec un groupe recevant un placebo.

Cette étude serait la première non seulement à prouver le lien entre les microcaillots et le déclin cognitif, mais également à étudier le potentiel d'une telle utilisation des anticoagulants chez de « jeunes » patients. En effet, l'usage de ce type de médicament n'est pas recommandé pour les 65 ans et moins en raison des risques hémorragiques que comporte une exposition à la prise d'anticoagulants. « C'est un équilibre risques-avantages », résume la D^{re} Rivard.

L'étude s'est jusqu'ici révélée si prometteuse que Santé Canada a autorisé son élargissement avec des traitements suivis sur plusieurs années. Plus de 800 Canadiens y participent déjà, mais les chercheurs espèrent en recruter au moins 1 300 de plus maintenant qu'ils ont adapté leur protocole et qu'ils ont reçu un financement des Instituts de recherche en santé du Canada afin de poursuivre l'étude malgré la pandémie en utilisant les outils à distance. Bref, nous devrions bientôt en avoir le cœur net.

PAR DOMINIQUE WOLFSHAGEN

La production de ce texte a été rendue possible grâce au soutien de la Fondation de l'Institut de cardiologie de Montréal.



VOIL

DE NUIT

Je cours sans m'arrêter et de toutes mes forces. Puis, soudain, je ne sens plus le choc de mes pas : ça y est, je vole ! Tel Mario avec sa cape, je suis libre dans le firmament.

Voilà un rêve que je faisais à l'occasion pendant l'enfance. J'ai eu espoir de revivre ces émotions quand un article scientifique de chercheurs québécois est paru, en 2020, dans la revue savante *Consciousness and Cognition*, qui publiait un dossier spécial sur la manipulation des rêves. L'équipe a tenté de susciter des « rêves de vol » chez les

Des chercheurs tentent d'influencer nos rêves, espérant établir du même coup de nouvelles connaissances sur nos aventures dans les bras de Morphée. **PAR MÉLISSA GUILLEMETTE**

ILLUSTRATION : PIERRE-PAUL PARISEAU

137 participants de son étude, recrutés avant la pandémie. Alors que les déplacements sont pour le moins limités ces temps-ci, je ne dirais pas non à un vol de nuit, que l'article présente comme associé à des émotions telles que la joie, l'euphorie et l'extase !

Malheureusement, pandémie oblige, je ne pourrai pas essayer la technique de ces chercheurs de l'Université de Montréal et de l'Université McGill, car cela implique une visite au laboratoire des rêves et cauchemars de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal. C'est là que les participants, qui tenaient un journal de leurs rêves depuis cinq jours, ont enfilé le présumé déclencheur : un casque de réalité virtuelle leur

permettant de « survoler » les montagnes et tunnels d'un monde étrange en suivant un parcours de cercles verts tout en évitant des obstacles. Cette aventure de 15 minutes terminée, l'équipe leur faisait faire une sieste (mais on les réveillait une fois entrés dans la phase du sommeil paradoxal, ce stade où l'on parvient à se rappeler ses rêves) ou une séance de lecture dans une chambre aménagée au laboratoire. Ils ont ensuite noté leurs rêves ou leurs pensées, refait le jeu de réalité virtuelle et sont rentrés chez eux. Ils ont repris leur journal de rêves pour les 10 nuits suivantes.

Les chercheurs ont visé dans le mille. Les rêves de vol ont été multipliés par



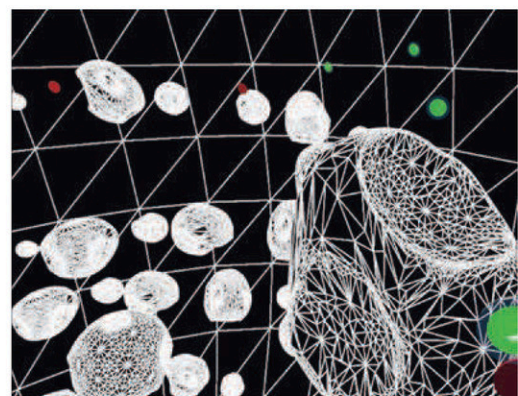
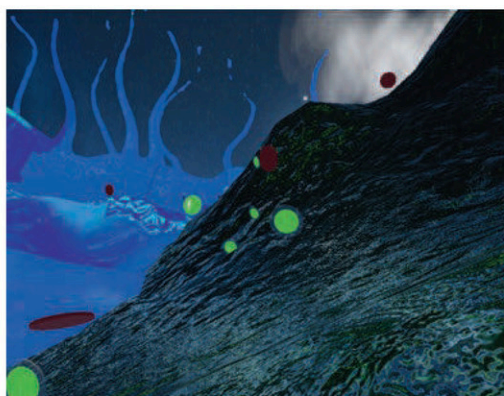
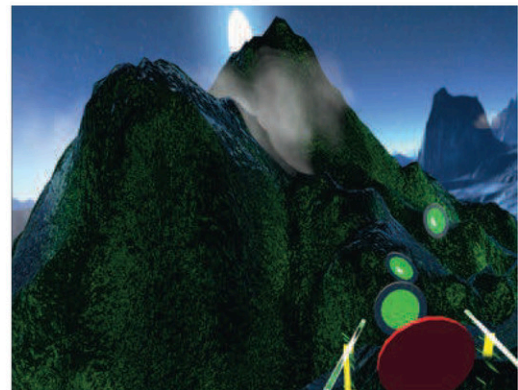
cinq pendant la sieste au laboratoire, par rapport aux rêves des jours précédents, et par huit le soir même. Les songes aériens sont également demeurés plus fréquents dans les jours qui ont suivi. La plupart avaient un lien évident avec le décor de l'expérience de réalité virtuelle. Deux des auteurs expliquent que leur étude, en plus d'être amusante, permet de se pencher sur le mystère du mouvement. « Il est intéressant de savoir comment on peut réussir à faire des rêves de vol, mais cela ouvre une autre porte : comment peut-on recréer n'importe quel mouvement en rêve ? demande le directeur du laboratoire des rêves et cauchemars et professeur à l'Université de Montréal, Tore Nielsen. Car les rêves sont toujours des aventures en mouvement ; c'est rare qu'ils se déroulent sur un seul tableau fixe. C'est le grand paradoxe du sommeil paradoxal : le cerveau est actif, tous les systèmes de sensation sont en alerte, mais on ne bouge pas du tout, le corps est paralysé. Est-ce que le mouvement dans le rêve est le résultat d'un scénario visuel ou est-ce l'inverse : on se déplace dans le rêve et cela nous permet d'aller explorer nos souvenirs ? On n'a pas la réponse encore ! »

Les chercheurs avancent l'idée que la réalité virtuelle et le rêve fonctionnent de la même façon. « Dans les scénarios de réalité virtuelle, on n'est pas complètement immobile, mais on a quand même les deux pieds sur le sol. Pourtant, on arrive à avoir la sensation de voler, souligne Claudia Picard-Deland, doctorante en neurosciences à l'Université de Montréal. Ce sont peut-être les mêmes mécanismes d'illusion de mouvements qui sont en jeu pendant le rêve, mais de manière complètement intrinsèque et spontanée. »

Certains chercheurs voient d'ailleurs le sommeil paradoxal – ou REM, pour *rapid eye movement*, car nos yeux bougent – comme un générateur de réalité virtuelle inné. Serait-ce pour suivre ce « film » que des mouvements oculaires rapides se produisent ? Des recherches vont dans ce sens.

Tore Nielsen et Claudia Picard-Deland pensent que, à force de travailler à ce reportage, je finirai par rêver que je vole. « Quand j'ai commencé à créer l'environnement virtuel pour l'étude, avec une artiste et un programmeur, j'ai fait beaucoup de rêves de vol, raconte l'étudiante. Et quand on a

Les participants de l'étude montréalaise circulaient dans le ciel de cet environnement de réalité virtuelle créé par l'artiste numérique Katerine Dennie-Marcoux.



commencé à écrire l'article, à réfléchir sur tous les mécanismes de vol, je rêvais tout le temps que j'étais en train de voler ! » Dans un congrès, « on a rencontré une artiste qui peignait les rêves de vol de ses amis et elle s'est mise à rêver plus souvent de vol elle-même, relate le professeur Nielsen. Il y a un effet d'exposition ».

LES LUCIDES

Quelques jours (et nuits) après le début de ce reportage, je n'avais toujours pas atteint l'inaccessible étoile, même si j'avais consommé quantité de vidéos filmées du haut des airs par des drones. Je ne sais pas si c'était le signe d'un progrès, mais dans un songe, j'ai couru à toute vitesse dans un stationnement étagé louche, avec ma sœur, pour ensuite admirer la vue d'en haut... sans même penser sauter pour m'envoler.

Je m'accroche à l'objectif, car il semble possible d'apprendre à voler sans casque de réalité virtuelle. L'article des chercheurs québécois cite les cas de deux fameuses dormeuses. Dans les années 1920, en Angleterre, Mary Arnold-Forster disait observer les oiseaux dans le ciel pour faciliter ses

décollages nocturnes et affirmait que chaque rêve de vol facilitait la survenue du suivant. Puis, une cinquantaine d'années plus tard, la psychologue américaine Patricia Garfield publiait un livre dans lequel elle indiquait être parvenue à doubler la fréquence de ses rêves de vol en un an. Sa technique consistait notamment à planifier ses rêves et à répéter cette intention en s'endormant.

Voilà deux « rêveuses lucides », une expression qui désigne les personnes régulièrement conscientes d'être endormies. Plusieurs études ont montré que le vol est l'activité nocturne favorite des lucides. Plus encore que les plaisirs charnels, c'est pour dire !

Kenneth Leslie, professeur de psychologie à l'Université Acadia, en Nouvelle-Écosse, accepte de m'aider. Un anneau à son petit doigt témoigne qu'il se destinait d'abord à une carrière d'ingénieur. Puis, il a découvert l'existence des rêves lucides dans les années 1990. « Je me suis entraîné », dit-il en me montrant une collection de carnets de toutes les couleurs dans lesquels il a noté ses rêves, ce qui favorise la lucidité. Autre astuce : il s'est mis à vérifier plusieurs fois

par jour son « état d'éveil », par exemple en plaçant ses mains en X. À l'état d'éveil, les mains s'entrechoquent, tandis que, dans les rêves, elles passent l'une à travers l'autre. Répéter ce geste dans la journée crée une habitude qui peut percoler la nuit et permettre de réaliser qu'on rêve.

« Je me souviens d'avoir fait mon premier rêve lucide lors d'un voyage familial en Afrique du Sud. Quelque chose de bizarre était survenu et je me suis demandé si je n'étais pas en train de rêver. J'ai fait le test [des mains]... et j'étais bien en train de dormir! J'ai fait trois rêves lucides cette nuit-là. Puis, j'ai écrit une lettre à ma blonde de l'époque pour lui raconter l'expérience. Elle l'a lue et, la nuit d'après, elle a fait un rêve lucide! » Cela montre à quel point nos rêves sont ouverts aux suggestions.

J'ai bien cru poursuivre la chaîne et faire mon premier rêve lucide après avoir entendu cette histoire. Mais j'ai seulement réussi à me réveiller toutes les deux heures, après des rêves somme toute peu excitants, pour croiser mes mains et constater qu'elles étaient bien de chair et d'os. Peu reposant!

Un peu comme l'équipe québécoise, Kenneth Leslie a réalisé une étude visant à favoriser des rêves de vol, mais aussi de chute, de balancement ou de flottement. Ces rêves sont dits « vestibulaires » parce qu'ils stimulent des régions du cerveau associées au système vestibulaire, un ensemble de structures logé dans l'oreille et qui constitue le siège de l'équilibre. C'était dans les années 1990, au Brock University Sleep Lab, en Ontario, où étudiait l'ingénieur détroqué. Au nom de la science, une poignée de participants avait accepté de passer deux nuits dans un hamac. À partir d'une pièce adjacente, et trois fois par nuit, Kenneth Leslie tirait sur une corde pour balancer doucement le hamac de certains d'entre eux pendant le sommeil paradoxal, activant leur système vestibulaire (les sujets qui dormaient dans un hamac en position stable agissaient comme groupe témoin). Il réveillait les participants à trois reprises pendant la nuit afin qu'ils notent leurs rêves. « C'est là que j'ai attrapé la piqure pour la psychologie! » mentionne celui qui s'est à l'évidence beaucoup amusé.

Il explique que l'étude avait été lancée parce que des rêveurs lucides rapportaient « tourner » dans leurs rêves pour réussir à

prolonger leur état de lucidité quand il le sentait filer entre leurs doigts. L'hypothèse était que cette astuce leur permettait de stimuler des zones du cerveau liées au système vestibulaire. On savait déjà que les individus qui ont une atteinte de ce système (ce qui se caractérise par des étourdissements, vertiges, pertes d'équilibre, nausées, etc.) font plus souvent des rêves lucides. Il avait également été démontré que les lucides ont un système vestibulaire plus aiguisé, selon des recherches au cours desquelles on avait injecté de l'eau chaude ou froide dans le canal auditif externe de participants, ce qui cause une sensation de vertige plus ou moins forte selon la sensibilité de chacun.

Bref, en agitant le hamac, les chercheurs espéraient susciter plus de rêves lucides et provoquer chez les dormeurs davantage de songes où ils flotteraient, tourneraient et voleraient. Cela a fonctionné... mais le nombre de participants était si petit que Kenneth Leslie voudrait bien reprendre l'expérience pour confirmer les résultats. « J'aimerais trouver une façon de le faire en dehors du laboratoire. Je mène des recherches présentement avec des gens à la maison grâce aux bracelets connectés Fitbit. Avec cet outil, on pourrait essayer de détecter le sommeil paradoxal. Il me faudrait seulement un moyen de les stimuler ou de les bercer automatiquement... Ce n'est pas impossible! » Un autre article paru dans le dossier spécial sur la manipulation des rêves évoque l'idée de recourir à un appareil du Massachusetts Institute of Technology qui active le système vestibulaire à l'aide d'électrodes. Il est employé pour renforcer l'immersion en réalité virtuelle et pourrait aussi offrir un sentiment de « bascule » aux rêveurs.

Au-delà du simple plaisir, le vol peut contribuer à passer de meilleures nuits; on peut l'utiliser pour fuir le cauchemar. Ainsi, un participant de l'étude de Claudia Picard-Deland a décidé, en plein rêve, de se faire pousser des ailes pour échapper à un dinosaure, alors que son parachute ne suffisait pas. « Il existe plusieurs théories expliquant pourquoi on rêve, souligne Kenneth Leslie. Selon la théorie de la menace [formulée en 2000], l'humain a évolué de sorte que le sommeil lui permette de simuler le monde pour qu'il y mette en pratique les programmes moteurs dont il a besoin pour



Au-delà du simple plaisir, le vol peut contribuer à passer de meilleures nuits; on peut l'utiliser pour fuir le cauchemar.

survivre. En rêvant à une attaque de tigre à dents de sabre, l'humain apprenait donc jadis à jeter la lance et à s'enfuir en courant, ce qui l'a aidé à rester en vie pendant l'éveil. Le problème, c'est qu'on a hérité de ces rêves anxiogènes. Si vous rêvez que vous faites un examen sans être préparé ou que vous vous retrouvez nu devant un groupe, ce n'est pas si grave. Mais si vous êtes un vétéran ou un médecin qui traite la COVID-19, les cauchemars en lien avec vos expériences traumatisantes peuvent être problématiques. Dans ce contexte, pouvoir être lucide permettrait d'évacuer l'anxiété et les menaces qui ne sont plus réelles pour peut-être mieux explorer le côté positif du monde du rêve. »

DU VIRTUEL PLUS RÉALISTE

Claudia Picard-Deland, Tore Nielsen et leurs collègues pensent que les études sur les rêves de vol pourraient également guider la conception des jeux et expériences de réalité virtuelle qui simulent le vol. « Notre étude montre qu'il y a beaucoup de variabilité



Une utilisatrice teste le prototype final de l'équipe de Gerold Hoelzl. Par leur forme et leur poids, les ailes donnent une rétroaction haptique. Leur position est suivie en temps réel pour contrôler l'avatar du jeu de réalité virtuelle.
 • IMAGES : GEROLD HOELZL, EISLAB



entre les participants : certains tiennent quelque chose dans leurs mains qui les fait voler, d'autres volent à l'envers ou comme Superman, dit Tore Nielsen. Mais dans les jeux de réalité virtuelle, c'est toujours une seule formule pour tous. On ne considère pas le fait que certaines personnes se sentiraient davantage en immersion si le contexte était différent. Étudier cette

variabilité peut donner des idées pour concevoir les mondes virtuels. »

Pour l'instant, même avec des équipements sophistiqués comme l'unité Birdly (qui comporte une espèce de siège de dentiste mobile sur lequel on se couche à plat ventre, les bras en croix, un casque de réalité virtuelle sur la tête et face à un ventilateur), l'expérience n'est pas aussi

chouette que dans nos rêves. Les utilisateurs ont l'impression de glisser au lieu de voler, notaient des chercheurs allemands dans un article de 2020 de la revue *IEEE Computer Graphics and Applications*.

« Les systèmes sur le marché qui sont vendus comme des expériences de vol ne ressemblent aucunement à ce que les gens s'imaginent quand ils parlent de voler ; c'est seulement qu'ils étaient technologiquement "faciles" à mettre au point », commente l'un des auteurs, Gerold Hoelzl. Ce professeur de la Faculté des sciences informatiques et de mathématiques de l'Université de Passau a eu toute une surprise en sondant les participants de son étude : ils imaginaient en général les ailes sur l'arrière des épaules de leur avatar, mais entendaient les contrôler en battant des bras ! Avec ses collègues, il a créé un prototype léger qui réconcilie ces idées et qui se rapproche davantage d'une sensation de vol ailé que du simple glissement. « Il ne faut pas adapter les gens à la technologie, il faut adapter la technologie à l'imagination, aux rêves et aux attentes des gens. »

Le soir même où je pensais avoir mis le point final à ce texte, je me suis couchée en songeant à ma liste d'épicerie, à cette discussion que j'avais eue avec une voisine. Puis, je suis devenue une espèce de bolide filant sur un rail. Ce dernier finissait abruptement... pour me permettre de m'envoler ! Cela a duré deux secondes et je me suis réveillée avec un grand sourire ! ●

Le personnel professionnel en recherche et santé

Une expertise **ESSENTIELLE** pour traverser la crise

SPGQ

Au centre, le négatif de l'image du lin-
ceul tiré en 1898 par le photographe
amateur Secondo Pia.

SUAIRE DE TURIN

L'HISTOIRE FAIT PARLER LA SCIENCE

Le suaire de Turin, qui laisse apparaître l'image d'un homme probablement crucifié, est un drap de lin dont la provenance est très débattue. A-t-il enveloppé Jésus? Des historiens sont décidés à mettre fin à la polémique.

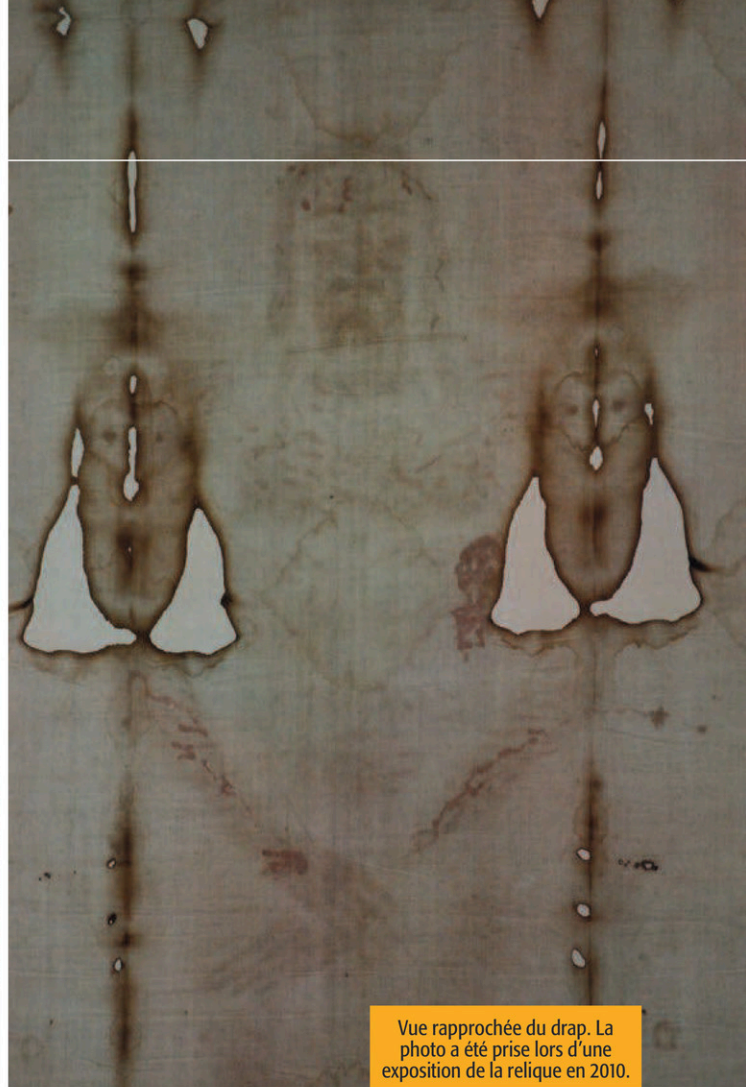
PAR SYLVAIN LUMBROSO

Tous les soirs, après une journée de travail intense au prestigieux institut de recherche SRI International dans la Silicon Valley, Mario Latendresse rentre chez lui assouvir sa passion : percer le mystère du suaire de Turin. Après avoir passé des heures à programmer des algorithmes de précision dans le laboratoire qui a donné naissance à Siri et au premier robot capable de piloter

une moto, il s'empare de son ordinateur pour s'offrir, cette fois, un voyage dans le temps. L'informaticien quitte virtuellement la Californie et ses mirages technologiques pour approfondir ses recherches sur une relique vieille de plusieurs siècles. « Je me souviens encore de ce jour de l'année 1998 où je suis allé à Turin voir ce drap de plus de quatre mètres de long sur un mètre de large dans sa chapelle. J'ai été marqué par les traces du corps dénudé qui se dessine à peine sur cette étoffe de lin et par les marques de blessures qui nous renvoient directement à la description de Jésus crucifié », relate Mario Latendresse.



Le suaire est conservé depuis 1578 dans la cathédrale Saint-Jean-Baptiste de Turin. Il est rarement présenté au public.



Vue rapprochée du drap. La photo a été prise lors d'une exposition de la relique en 2010.

Depuis, cette vision hante l'expert en informatique théorique qui consacre son temps et son intelligence à mettre en question l'authenticité du morceau de tissu, que le Vatican n'expose que très rarement. « C'est un objet très controversé : certains pensent que c'est le linceul qui a enveloppé le Christ dans son tombeau, d'autres que c'est un drap datant du Moyen Âge. Personnellement, je mets à profit ma passion pour les mathématiques pour découvrir la vérité », commente Mario Latendresse. Il a par exemple étudié la géométrie du corps représenté sur le suaire pour déterminer la méthode de formation de l'image sur la pièce de tissu. Ses calculs visent notamment à prouver qu'il ne s'agit pas d'une peinture faite à plat.


Seulement voilà, pour les historiens spécialistes du sujet, ce genre de recherche n'apporte aucune information décisive, car un artisan aurait pu apposer le drap sur un bas-relief pour réaliser l'image. « C'est juste une manière détournée de contester les preuves qui montrent que le linceul a été fabriqué au Moyen Âge », analyse Andrea Nicolotti, professeur d'histoire

du christianisme à l'Université de Turin. Pour lui et sa communauté, la question de l'authenticité est déjà tranchée et le seul enjeu est d'arrêter la campagne de désinformation voulant que le tissu ait réellement recouvert la dépouille de Jésus.

Pour mieux comprendre, il faut retourner aux origines de la polémique. En 1978, un collectif baptisé STURP (pour Shroud of Turin Research Project), regroupant des experts venus de l'US Air Force Academy et du laboratoire nucléaire de Los Alamos, a pu étudier le linceul pendant cinq jours et cinq nuits. Les scientifiques se sont relayés en dormant sur place pour passer le tissu au crible. Profitant de cette occasion unique, ils n'ont rien négligé : des radiographies du drap ont été réalisées, des échantillons de particules minutieusement prélevés. L'engouement de l'équipe consacre une discipline dont le sujet unique est l'étude du suaire de Turin : la sindonologie (du latin *sindon*, qui signifie « linceul »). Après ces multiples analyses, les expertises n'ont pas apporté de réponse définitive à la question de l'authenticité de la pièce de lin et l'attention s'est alors tournée vers la

datation au carbone 14. Cette technique éprouvée à l'époque permet d'établir la date d'un objet en mesurant la radioactivité de cet élément précis. Dix ans après le marathon des cinq jours d'observation, des scientifiques obtiennent du Vatican l'autorisation de dater le drap grâce à cette méthode. Un protocole contraignant est mis au point pour éviter les potentielles contestations. Trois laboratoires (à Tucson, Oxford et Zurich) sont choisis et reçoivent des échantillons prélevés par un expert devant caméra et témoins. Le résultat finit par tomber dans la revue *Nature* en février 1989 : les trois relevés ramènent l'origine du suaire aux environs du 14^e siècle ! La question de l'authenticité semble tranchée définitivement : l'image est l'œuvre d'un artiste médiéval.

Pourtant, dans les mois suivants, la section du courrier des lecteurs de la revue savante voit fleurir des articles qui contestent le verdict. Ainsi, le professeur de médecine Olivier Pourrat, sindonologue français reconnu, remet en cause en 1991 le protocole dans son ensemble. C'est que la date établie compromet fortement le



Le suaire est un drap de lin de quatre mètres de long sur un mètre de large.

statut de la relique et de la sindonologie. Encore aujourd'hui, le phénomène suscite l'intérêt. Il a même trouvé un nouveau porte-drapeau en la personne de Tristan Casabianca. Ce catholique français, fraîchement baptisé, qui a étudié le droit et l'histoire, a expédié une requête légale aux trois laboratoires chargés de la datation et au British Museum, qui encadrerait l'opération. La demande est claire : il veut accéder aux données directement sorties des ordinateurs en 1988 pour reprendre les calculs et vérifier le diagnostic médiéval. Seul le musée anglais a répondu favorablement à cette initiative en juillet 2017. « Je me suis aussitôt rendu à Londres pour consulter les 700 pages du dossier. Rien n'était classé, mais j'ai pu retrouver les résultats bruts du laboratoire américain. J'ai ensuite réuni une équipe de statisticiens italiens pour vérifier la cohérence des données », détaille Tristan Casabianca. Son équipe publie un article dans la revue spécialisée *Archaeometry* en 2019 où elle avance que les données sont trop hétérogènes pour ancrer avec certitude la datation au 14^e siècle.

À BAS LA PSEUDOSCIENCE

« Pour moi, ce travail ne vaut pas grand-chose. Au mieux, il arrive à élargir de quelques dizaines d'années la période de datation, mais il n'atteindra pas les 1 400 ans nécessaires pour ramener le suaire à l'époque de Jésus ! » objecte le sémillant historien italien Andrea Nicolotti. Il connaît très bien le sujet : cela fait 12 ans qu'il travaille sans relâche sur le suaire. Son livre *Sindone*, paru en italien en 2015, puis traduit en anglais en 2019, est devenu la référence mondiale en la matière. Derrière sa webcam, l'homme s'anime : « Les experts en carbone 14 des laboratoires n'ont plus le courage de répondre aux attaques incessantes parce que les arguments des sindonologues ne reposent sur aucune science sérieuse. Alors, c'est moi qui accomlis ce travail de vigie, car pour mon domaine, c'est intéressant d'écrire l'histoire de la controverse qui entoure cet objet. »

Andrea Nicolotti en est persuadé : les spécialistes qui continuent à formuler des hypothèses sur le suaire ont basculé

« L'objectif ultime des sindonologues est de montrer que le suaire est le produit d'un miracle. C'est grave, car ils légitiment les raisonnements irrationnels. »

– Andrea Nicolotti, professeur d'histoire du christianisme à l'Université de Turin

dans la pseudoscience. À coups de laser ou de neutrons, ils tentent de trouver une façon de reproduire l'image d'un homme sur un drap de lin. Sur le Web et dans des revues scientifiques, souvent de moyenne importance, les articles avancent des thèses jamais vérifiables, car aucune expérience n'a été réalisée directement sur le linceul depuis 1988. « L'objectif ultime des sindonologues est de montrer que le suaire est le produit d'un miracle. C'est grave, car ils légitiment les raisonnements irrationnels. Quand on écoute les débats sur la pandémie, on réalise les ravages que cela peut causer dans le public! » tempête Andrea Nicolotti. Défenseur de la rigueur scientifique, l'historien ne refuse jamais le débat dans les médias italiens en prenant un malin plaisir à réfuter un à un les arguments avancés par les partisans de l'authenticité.

C'est le travail qu'avait déjà entrepris le chanoine Ulysse Chevalier à l'aube du 20^e siècle. Agacé par les divagations des scientifiques catholiques de son époque, cet érudit français a fouillé les archives pour mieux comprendre la véritable origine du suaire. Ses recherches se sont avérées payantes, puisqu'elles ont permis d'apprendre que le drap et son image ont été fabriqués pour être l'objet d'un culte dans un village français au Moyen Âge, où les chanoines le présentaient comme le linceul du Christ. Dans une missive adressée au pape en 1389, l'évêque du diocèse local dénonce cette pratique et explique que l'objet a été façonné pour tromper les pèlerins afin de leur soutirer de l'argent. À l'époque, les révélations d'Ulysse Chevalier sont censurées par le Saint-Siège lui-même pour des raisons de convenance politico-religieuse et finissent par tomber dans l'oubli. « On m'a dit une fois que j'étais la réincarnation d'Ulysse Chevalier, plaisante Andrea Nicolotti, qui a remis en valeur le travail du chanoine. Je poursuis son œuvre pour espérer mettre un terme à cette polémique encombrante. »

« Hélas, je ne suis pas certain qu'on puisse raisonner cette communauté, regrette la sociologue des sciences de l'Université du Québec à Montréal Yves Gingras. Ce genre de polémique met énormément de temps à s'éteindre, car elle se nourrit d'arguments très techniques

dont la réfutation demande du temps. Il y a des comparables célèbres comme la fusion froide, cette source d'énergie propre et facile qu'aucune expérience n'a réussi à démontrer alors que plusieurs scientifiques y ont cru jusqu'à leur mort. » Dans ses cours, le professeur québécois se sert justement du suaire comme un cas d'étude. L'histoire de cette controverse éclaire de nombreux phénomènes pour mieux cerner la pseudoscience. « Que des scientifiques versent dans la fantaisie ne m'étonne pas. On a tort de penser que la rationalité est horizontale : on peut être rationnel dans un domaine et avoir des lubies ou des croyances religieuses dans un autre. » Certains lauréats de prix Nobel ont ainsi soutenu des thèses improbables après avoir remporté la plus prestigieuse des récompenses. C'est le cas du chimiste Linus Pauling, qui prétendait qu'on pouvait soigner le cancer avec de la vitamine C.

LES HISTORIENS ONT LA RÉPONSE

« Croire que la science seule peut interroger un objet culturel est certainement l'erreur la plus évidente dans cette affaire », souligne Pierre-Olivier Dittmar, historien spécialiste de l'image à l'époque médiévale. De son laboratoire parisien, il observe régulièrement le dérapage de scientifiques qui analysent le linceul sans recourir à des études historiques. « Travailler sur le suaire sans connaître le latin, le vieux français ou sans faire de la paléographie me paraît insensé. Pour comprendre un objet et son parcours, il est pourtant indispensable d'accéder aux documents d'époque tout en connaissant l'histoire de la société qui l'a produit », assène l'historien. À ses yeux, il existe parfois chez ces scientifiques piqués de sindonologie une forme de mépris pour les sciences sociales, qu'ils pensent accessibles à tous. Il oppose à ce mouvement la méthodologie des historiens professionnels. « La plupart de ces physiciens ne soumettraient pas un article dans leur propre champ d'expertise à une revue spécialisée sans avoir étudié la bibliographie de leur sujet! » soulève-t-il. Pour contrer cette vague, Pierre-Olivier Dittmar a choisi de lancer un de ses étudiants dans un vaste projet de thèse dont l'ambition est de démontrer, entre autres, que le suaire

de Turin n'est pas un objet unique. Nicolas Sarzeaud apporte la dernière main à ce travail de titan qui a consisté à recenser et analyser les quelques dizaines d'acheiropoïètes, ces images représentant Jésus dont l'origine serait miraculeuse. Selon lui, un engouement apparaît quand le roi de France Louis IX (1214-1270) construit une chapelle dans Paris pour accueillir des reliques. « À partir du 14^e siècle, cette initiative a inspiré beaucoup d'autres souverains ou nobles, qui ont voulu avoir leurs propres reliques. On a donc assisté à une démultiplication de ces objets », relate l'étudiant. Sa thèse de doctorat permet d'interpréter plus facilement la datation au carbone 14 en remplaçant la relique dans son contexte médiéval. Le professeur Dittmar n'a d'ailleurs pas perdu espoir de réconcilier science et histoire : « Nous pourrions analyser ce suaire en le comparant avec d'autres objets de la même époque grâce à toutes sortes d'outils. Ce serait l'occasion de travailler avec des scientifiques et des restaurateurs. Une véritable mission interdisciplinaire en somme! »

En Californie, la nuit s'est installée. L'informaticien Mario Latendresse a poursuivi son travail sur le suaire pendant toute la soirée. Aucune de ces initiatives d'historiens ne lui échappe. Avant d'éteindre son ordinateur, il lance, confiant : « Une formation en recherche nous aide à séparer ce que nos désirs nous portent à croire. Je suis prêt à continuer le travail, quel que soit le verdict! » ●

À LIRE SUR LE WEB

Le suaire... et les extraterrestres

Le sociologue Pierre Lagrange dévoile d'étranges parallèles entre ces deux univers.
www.quebecscience.qc.ca/sciences/suaire-extraterrestres



À écouter

Le suaire de Turin, un objet complexe à étudier
www.quebecscience.qc.ca/balados/suaire

LA RECHERCHE DANS LE RÉSEAU DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC



La démocratie sous attaque

Comment la protéger ? Comment l'améliorer ? **Des chercheurs ont des réponses.**

Le sens du
devoir a survécu
à la pandémie

Le numérique,
trouble-fête du
vivre-ensemble

Le dialogue peut-il
venir à bout de
la polarisation ?

SOMMAIRE

3 LE SENS DU DEVOIR A SURVÉCU

5 L'INFORMATION LOCALE EN PÉRIL

6 NUMÉRIQUE ET DÉMOCRATIE : MARIAGE HEUREUX?

10 LA SOCIAL-DÉMOCRATIE RESTE TRÈS RÉSILIENTE

11 LA MISSION IMPOSSIBLE DE JOE BIDEN

12 RECONNAÎTRE LE RACISME SYSTÉMIQUE... POUR MIEUX LE CHANGER

13 LE VOTE POUR TOUS!

14 LES ÉLECTIONS MUNICIPALES SOUS LA LOUPE

15 LE DIALOGUE COMME PLANCHE DE SALUT

FRAGILE DÉMOCRATIE

Partout dans le monde, la démocratie semble s'affaiblir, sous les effets combinés de la désinformation, de l'hyperpartisanerie, de la polarisation, des inégalités grandissantes et de la fragilisation des institutions. Des dirigeants profitent de ce terreau fertile pour cultiver les divisions et imposer des visions autocratiques, un phénomène accentué par la pandémie. De leur côté, des chercheurs suivent de près l'état de nos démocraties, étudiant et analysant toutes leurs composantes, mais aussi toutes leurs dérives. Que montrent ces travaux et réflexions? À leur lecture, peut-on espérer que la démocratie — « le moins mauvais de tous les systèmes », pour reprendre les mots de Churchill — survive à cette période trouble? Si les drapeaux rouges sont nombreux, les lueurs d'espoir le sont également.

Comité consultatif :

Pietro-Luciano Buono, UQAR
Yves Chiricota, UQAC
Nathalie Cossette, UQAT
Chantal Desjardins, ÉTS
Josée Gauthier, ENAP
Nathalie Gendron, INRS
Louis Lafortune, UQO
Éric Lamiot, Université TÉLUQ
Jean-Pierre Richer, UQAM
Martine Tremblay, UQTR
Josée Charest, UQ
Valérie Reuillard, UQ
Marie Lambert-Chan, QS

Coordination :

Marie Lambert-Chan et
Valérie Reuillard

Rédaction :

Maxime Bilodeau
Jocelyn Coulon
Annie Labrecque
Martine Letarte
Dominique Wolfshagen

Direction artistique :

Natacha Vincent

Révision-correction :

Pierre Duchesneau

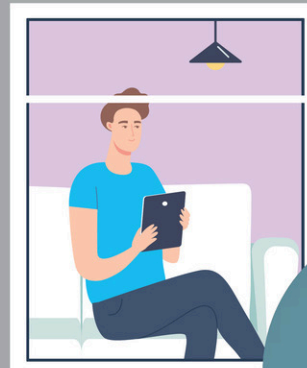
Bibliothèque nationale
du Canada :

ISSN-0021-6127

Ce dossier est inséré dans le numéro d'avril-mai 2021 du magazine *Québec Science* (QS). Il a été financé par l'Université du Québec (UQ) et produit par le magazine *Québec Science*.

Les 10 établissements du réseau de l'Université du Québec ont pour mission de faciliter l'accessibilité à l'enseignement universitaire, en plus de contribuer au développement scientifique du Québec et au développement de ses régions.

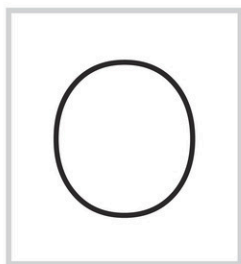




Allison Harell,
professeure à l'UQAM

LE SENS DU DEVOIR A SURVÉCÙ

Même en temps de pandémie, les gens soucieux du civisme sont plus portés à faire leur part pour autrui, montrent de récents travaux. Une bonne nouvelle pour la démocratie! **Par Jocelyn Coulon**



n l'a répété souvent au cours des derniers mois : il n'y a pas que le virus SRAS-CoV-2 qui a contaminé le monde ; ceux de la colère et de la méfiance se sont également

propagés. Les institutions démocratiques sortiront-elles amochées de cette crise ? Les citoyens conserveront-ils le même respect pour nos normes sociales ? Contre toute attente, **Allison Harell**, professeure de science politique à l'Université du Québec à Montréal (UQAM) et spécialiste de l'opinion publique et des comportements électoraux, pose un diagnostic plutôt optimiste : la démocratie canadienne résiste assez bien à la pandémie.

• • • • •
Vous êtes une spécialiste des comportements électoraux. En temps normal, vous étudiez les attitudes et les préférences des électeurs ainsi que le vote des femmes. En quoi cela vous aide-t-il à

comprendre le comportement des gens en période de crise ?

Les gouvernements, les partis et les institutions politiques sont au cœur de la gestion d'une crise, qu'elle soit sanitaire, militaire ou naturelle. L'étude des comportements électoraux nous éclaire beaucoup sur la formation de l'opinion publique quant à ces acteurs, mais aussi à l'égard des politiques et des décisions qu'ils prennent. Ainsi, notre attitude envers un politicien en particulier va influencer notre comportement face à la crise. Dans le contexte de la pandémie, on a observé, du moins au Canada, une phase initiale de ralliement des citoyens autour de l'État et des partis au pouvoir.

Pourquoi ?

Au début de la crise, les évaluations du leadership des dirigeants politiques et de leur gestion des événements ont affiché des taux très élevés de satisfaction, en partie en raison du discours rassembleur autour du thème : « Nous sommes tous ensemble face à la COVID-19 ». Or les études électorales nous rappellent que la partisanerie politique n'est jamais très loin. Ainsi, les partis et

leurs discours, de même que l'identification des citoyens à l'un ou l'autre de ces partis jouent un rôle dans l'évolution des débats sur la gestion d'une crise. Nous avons vu ce phénomène émerger rapidement aux États-Unis, où il y avait dès le départ une remise en cause partisane de la réalité de la pandémie.

La pandémie risque-t-elle d'accroître la volonté de certains de contester les règles établies dans nos sociétés depuis longtemps, comme on a pu le constater aux États-Unis ?

Je n'en suis pas certaine. Cela dit, on vit dans une période marquée par une radicalisation. D'un côté, on observe une négation de l'expertise et de la science chez une frange de la population. De l'autre, on voit des groupes qui se battent pour l'inclusion et l'égalité [comme Black Lives Matter]. Je crois que la contestation aux États-Unis est basée sur une réaction à ces deux pôles, soutenus par les mouvements et les médias sociaux qui alimentent le sentiment de colère.

Dans votre dernier article, publié dans la *Revue canadienne de science*



politique, vous écrivez que, devant les consignes sanitaires, les gens se retrouvent dans deux catégories : ceux qui estiment que c'est un devoir de les suivre et ceux qui pensent qu'il s'agit d'un choix. Pourquoi cette dichotomie ?

Nous tirons ce constat de nos travaux en science politique sur les normes en lien avec le vote. Nous savons que la différence entre un devoir et un choix est très importante pour prédire la participation aux élections. La recherche a montré que les personnes qui ont un fort sens du civisme vont généralement voter parce qu'elles estiment qu'il s'agit d'une obligation morale. Pour les autres, il s'agit d'un choix.

Nous avons appliqué la même logique aux comportements dans le contexte de la crise actuelle. Les gens qui se sentent un devoir envers autrui sont plus portés à faire leur part, même quand ils en retirent eux-mêmes peu de bénéfices. Cela ne signifie pas que ceux qui ne partagent pas cette vision refuseront d'adhérer aux consignes. Lorsqu'ils constatent que tout le monde respecte les règles, ils sont plus enclins à faire de même.

Le devoir civique peut-il s'éroder face aux gens qui ne respectent pas les normes sanitaires ?

C'est possible. Les normes tendent à être assez stables, mais elles ne sont pas immuables; d'où l'importance de respecter

et de faire respecter les consignes, parce que cela a un effet même sur ceux et celles qui ne partagent pas la norme. Prenez l'exemple du couvre-feu imposé au Québec en janvier : dans l'ensemble, les gens ont respecté la directive gouvernementale. Seulement quelques centaines d'entre eux ont dérogé à la règle. C'est impressionnant.

Une crise est un choc pour les citoyens. Cela les rend-il plus disciplinés et plus enclins à respecter les règles ?

Ce n'est pas la crise qui rend les gens plus ou moins disciplinés; c'est la façon dont la société réagit. Si on veut que les gens suivent les directives, il faut les convaincre qu'elles sont nécessaires et qu'il s'agit d'un devoir envers les autres. En régime démocratique, la pédagogie est importante : il faut constamment expliquer les choix, en s'assurant que ceux-ci sont clairs — et pas aléatoires — et que les élites ne contesteront pas l'existence d'une crise, même s'il y aura certainement des débats sur les meilleures mesures pour lutter contre cette menace collective.

Quelles leçons les gouvernements devraient-ils tirer de la crise pour mieux affirmer la démocratie ?

Nos travaux témoignent de l'importance — pour les gouvernements, les partis et les médias — de promouvoir un message unique, tout en se montrant flexibles envers certaines personnes qui vivent la crise de

façon différente. De plus, il faut donner aux citoyens les moyens de respecter les consignes. Je ne pense pas qu'une punition trop lourde soit efficace; cela offre de la publicité aux contestataires. Enfin, il faut mettre en place des politiques publiques claires et faciles à suivre.

Au lendemain de la prise du Capitole, à Washington, le 6 janvier dernier, plusieurs insurgés ont justifié leur geste en invoquant le résultat des élections et l'imposition des mesures sanitaires. N'est-on pas en présence d'un cocktail explosif pour un État démocratique ?

Le cas américain est particulier. L'hyperpartisanerie aux États-Unis est un danger pour la démocratie américaine, et la pandémie a accentué le problème. Quand les gens ne reconnaissent aucune autorité à l'État, si ses décisions s'avèrent contraires à leurs souhaits, et si les élites ne sont pas contraintes par leurs partis ou par les institutions à se comporter raisonnablement, on ne peut pas espérer le respect des consignes sanitaires ou du processus électoral. On peut être en désaccord avec les choix du gouvernement, et il est nécessaire dans les démocraties de débattre de la bonne voie à suivre pour la société. Mais il faut que les gens respectent le processus qui permet à la société d'arriver à des décisions légitimes. ●

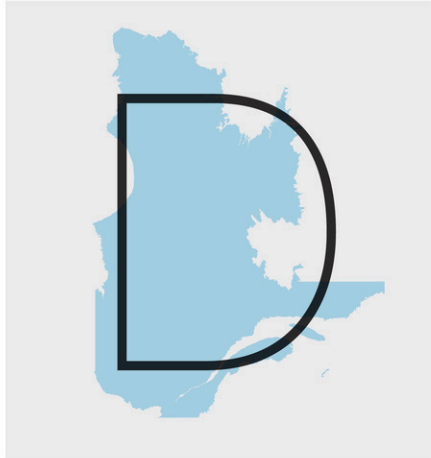
L'INFORMATION LOCALE EN PÉRIL

En 2019, les régions du Québec sont passées à un cheveu de perdre leurs quotidiens. Le gouvernement est-il prêt à aider de façon pérenne la production d'information ?

Par Martine Letarte



Aimé-Jules Bizimana,
professeur à l'UQO



Depuis des décennies, les médias locaux s'étiolent alors qu'ils voient leurs revenus publicitaires fondre. Bien sûr, ils travaillent à réinventer leur modèle d'affaires. Mais d'après **Aimé-Jules Bizimana**, professeur à l'Université du Québec en Outaouais (UQO), cela ne suffira pas, et le gouvernement devra mettre en place des mesures pour les aider durablement. Il en va de la santé de la démocratie, rappelle-t-il.

« L'information d'intérêt public est très importante puisqu'elle devient le moteur de décisions politiques, et ces décisions peuvent influencer le vote des citoyens », explique M. Bizimana, un ancien journaliste, qui a publié un article sur les enjeux de la presse régionale québécoise dans la revue de réflexion *Organisations & Territoires* en 2020.

Ainsi, si le conseil municipal d'une petite ville de région autorise des dépenses publiques insensées, il revient aux journalistes locaux de poser des questions et d'attirer l'attention de la population sur cette affaire. C'est la même chose si une grande entreprise installée dans la localité ne respecte pas la réglementation municipale ou environnementale.

Toutefois, la chute dramatique des revenus publicitaires empêche la presse régionale de jouer pleinement son rôle de chien de garde, ce qui la force à réduire ses budgets et ses effectifs. Si cette situation affecte tous les médias, y compris nationaux et internationaux, les journaux locaux demeurent de loin les plus grands perdants.

D'abord parce que les médias qui appartiennent à de grands groupes sont en meilleure position pour créer des forfaits publicitaires intéressants pour les annonceurs. Par exemple, *Le Journal de Montréal* peut offrir de diffuser une publicité dans ses pages, mais aussi dans *Le Journal de Québec*, dans le magazine *La Semaine* et sur le réseau TVA, qui sont tous la propriété de Québecor.

De plus, les grands groupes ont les reins suffisamment solides pour investir dans la transformation numérique de leurs médias. « Si *La Presse* a pu lancer son application, c'est parce que son propriétaire de l'époque, Power Corporation, a investi 40 millions de dollars en recherche et développement, explique Aimé-Jules Bizimana. Les médias locaux n'ont pas ces moyens. »

SOUTIEN PHILANTHROPIQUE

Le Québec est passé près de la catastrophe lorsque le Groupe Capitales Médias, qui possédait six quotidiens régionaux, a annoncé en août 2019 qu'il entamait les procédures pour déclarer faillite. Le gouvernement de François Legault s'était alors empressé d'annoncer qu'Investissement Québec octroierait un prêt maximal de 5 millions de dollars à l'entreprise pour qu'elle poursuive ses activités jusqu'en décembre 2019. Les employés de ces quotidiens ont ensuite formé la Coopérative

nationale de l'information indépendante. « Heureusement, le gouvernement a compris que c'était très sérieux et a rapidement promis d'intervenir, observe Aimé-Jules Bizimana. Il n'aurait pas pu ignorer le problème sous prétexte que c'est le jeu de l'offre et de la demande. Les démocraties doivent s'assurer de soutenir l'information locale. »

Or, au Québec, cette approche est nouvelle. « Petit à petit, les gens comprennent que si on ne met pas en place un grand soutien philanthropique comme aux États-Unis et ailleurs, il faudra favoriser l'aide aux médias par des politiques publiques, tout en s'assurant qu'on préserve leur indépendance comme on le fait dans d'autres domaines », affirme le chercheur.

Par exemple, *Le Devoir* multiplie les pressions auprès du gouvernement pour que Les amis du Devoir, un organisme sans but lucratif qui sollicite des dons pour financer les activités du quotidien, puissent remettre des reçus pour crédit d'impôt.

« Ce serait une façon pour les gouvernements d'aider les médias de façon pérenne, affirme M. Bizimana. C'est important de le faire, parce que si on a évité le pire, la situation reste extrêmement fragile. Et la population a compris que produire de l'information de qualité est dispendieux. » ●



L'INFORMATION

NUMÉRIQUE ET DÉMOCRATIE : MARIAGE HEUREUX ?

Le numérique brouille les cartes du vivre-ensemble et de la culture démocratique.

Par Maxime Bilodeau



Les citoyens n'ont jamais autant disséminé de données individuelles aux quatre vents que maintenant. Les chiffres parlent d'eux-mêmes : plus de 8 Québécois sur 10 ont utilisé un ou des réseaux sociaux en 2018, selon des données du défunt Centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations (CEFRIO). Près de 7 Canadiens sur 10 les fréquentent d'ailleurs sur une base régulière, ce qui fait de ces plateformes numériques une extension à part entière de l'espace public. Dans les 15 dernières années, on constate sans surprise que les débats qui déchirent la société

y rebondissent, redéfinissant au passage les notions mêmes d'action et d'engagement politiques. Cela a par exemple été le cas au moment de modifier la loi canadienne sur l'aide médicale à mourir, en 2016.

« Aussi bien ceux qui étaient pour que ceux [qui étaient] contre ont recouru aux médias sociaux pour faire valoir leur point de vue, notamment lors de l'étude du projet de loi au Sénat, indique **Mireille Lalancette**, professeure en communication sociale à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). Même certains acteurs plutôt insoupçonnés, tels que des évêques catholiques, étaient actifs sur des plateformes comme Twitter. » Avec sa collègue **Stéphanie Yates**, de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), la chercheuse réalise actuellement une série de sept études comparatives sur les usages de ces espaces lors de controverses soulevant des questions d'acceptabilité sociale.

Outre l'aide médicale à mourir, elle se penche sur les cas de l'exploitation pétrolière sur l'île d'Anticosti, du développement de la filière du gaz de schiste au Québec et de la vaccination, entre autres sujets. Les objectifs sont multiples et vont de l'examen des stratégies communicationnelles mises de l'avant à l'analyse de la rhétorique des différents acteurs, en passant par l'étude

des diverses formes de dialogue rendues possibles sur les réseaux sociaux. « Dans le débat sur l'aide médicale à mourir, nous avons par exemple observé une métaphorisation du discours. Des internautes qui défendent ces dispositions légales sont traités de meurtriers et de suppôts de Satan par le camp adverse », illustre-t-elle.

S'il est vrai que les réseaux sociaux, de par leurs mécanismes intrinsèques, carburent aux émotions vives, il serait réducteur de les limiter à cette seule dimension. Ainsi, les politiques, entreprises, groupes d'intérêt et autres mouvances citoyennes n'hésitent pas à diffuser de l'information riche — parfois même boudée par les médias traditionnels — lors de dates clés dans l'évolution du dossier. Les groupes qui sont invités à produire un mémoire dans le cadre d'une consultation en commission parlementaire diffuseront par exemple le document par l'entremise de ces circuits, augmentant ainsi sa portée. « On peut ainsi voir le débat se cristalliser à travers l'évolution de l'actualité. En ce sens, les médias sociaux sont aussi bien à la remorque des événements qu'au-devant, ce qui contribue à part entière à faire dérailler des projets », observe Mireille Lalancette.



Attention, toutefois, de ne pas verser dans un cybertoptimisme naïf. Les réseaux sociaux demeurent après tout des plateformes créées pour générer des profits, pas pour favoriser des débats démocratiques. Les utilisateurs, engagés ou non, y sont captifs d'une logique algorithmique à peu près impossible à contourner. « C'est un défi constant pour les différents acteurs, qui doivent sans cesse composer avec ces réalités, au risque de ne pas voir leurs messages circuler, déplore la chercheuse. Le phénomène des chambres d'écho est encore plus préoccupant : les réseaux sociaux proposent des contenus qui confortent notre vision du monde, pas le contraire. »

DIRIGER PAR ALGORITHMES

Cette logique algorithmique est aussi en voie de transformer les formes d'exercice du pouvoir au profit d'une gouvernance nouveau genre. L'exemple récent des applications de traçage déployées dans le cadre de la pandémie de COVID-19 est éloquent. Elles supposent une administration des affaires de l'État fondée non plus sur des décisions politiques, sanitaires et/ou rationnelles, mais bien sur des résultats de calculs d'algorithmes « autoapprenants » qui

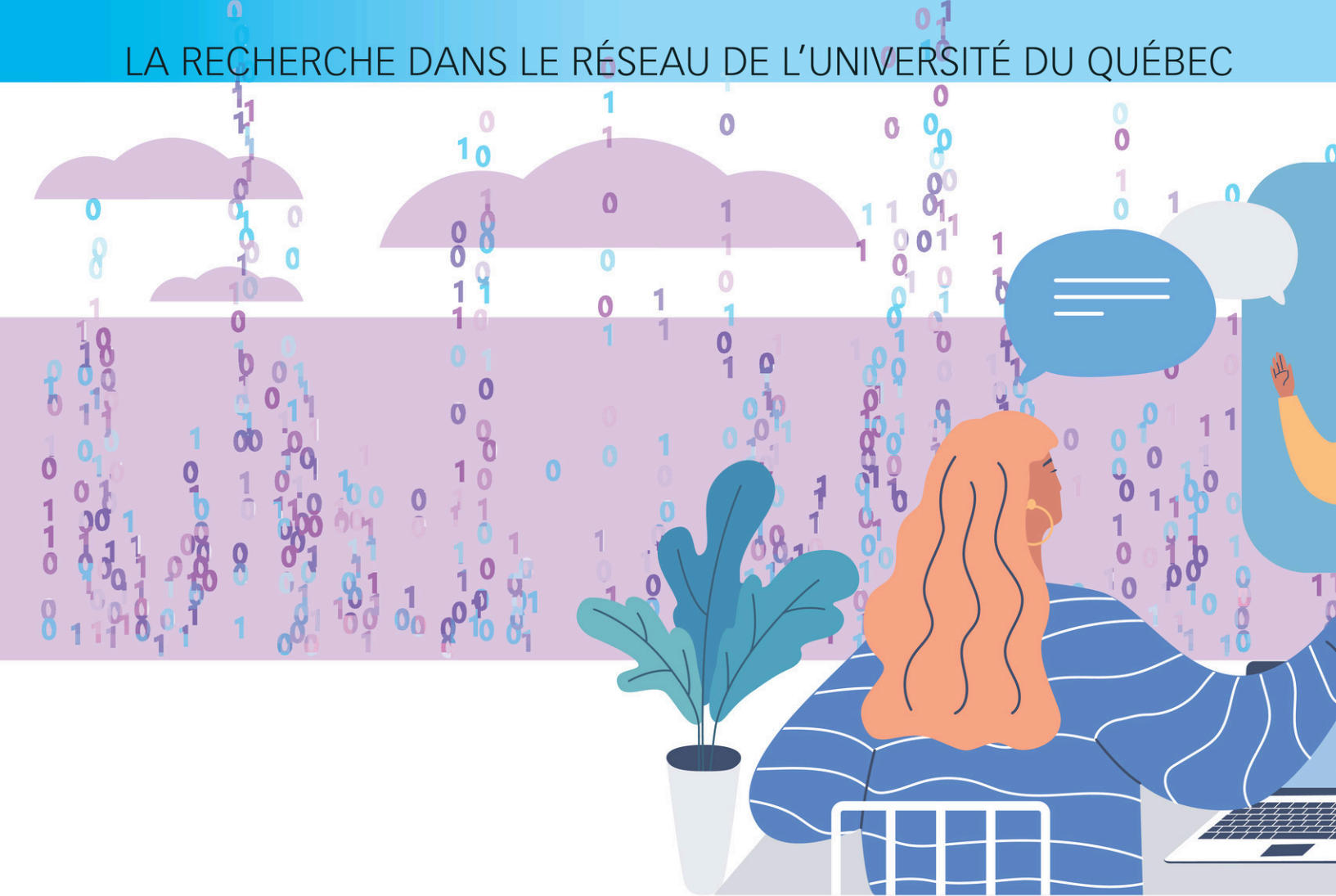
empruntent au modèle du microciblage publicitaire faisant la fortune des GAFAM (l'acronyme des géants du web que sont Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft).

En fin de compte, seuls six millions de Canadiens ont téléchargé Alerte COVID, un taux d'utilisation bien en deçà de celui qui est requis pour qu'elle soit efficace, soit environ 26 millions de Canadiens (ou 70 % de la population). Par ailleurs, à peine 2,4 % des Québécois déclarés positifs à la COVID-19 ont utilisé l'application depuis son déploiement dans la province. « Il y a bien eu un débat public à propos des applications de traçage. Mais, sans qu'on ne sache trop pourquoi, et en dépit du rapport défavorable d'une commission parlementaire chargée d'étudier la question, le gouvernement Legault a décidé d'ouvrir la porte à Alerte COVID », rappelle **Romuald Jamet**, professeur au Département des sciences humaines et sociales de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC).

Le feuilleton des applications de traçage n'était pourtant qu'une bataille dans la guerre que mènent les promoteurs de l'intelligence artificielle (IA) pour voir leurs solutions technologiques être adoptées à plus vaste échelle, met en garde le sociologue dans un texte sur la ques-

tion qu'il cosigne dans l'ouvrage collectif *La COVID-19 : un fait social total*, publié en novembre dernier. « Ce fiasco [...] n'est que l'arbre qui cache la forêt des milliers d'autres applications consacrées à divers problèmes sociopolitiques, une forme de gouvernamentalité instrumentale, efficace et difficilement contestable qui transformera très certainement et profondément la nature des États et de la politique ainsi que les notions mêmes de démocratie et de citoyenneté », écrit-il.

De fait, l'efficacité des technologies de l'IA dans le contrôle des populations fait peu de doute, du moins dans les régimes autoritaires. Celui de Chine y recourt depuis plusieurs années déjà pour construire une cote de crédit social à partir des données individuelles de toute nature et ainsi orienter le comportement de ses citoyens. Comme le démontre le débat sur les applications de traçage de la COVID-19, ces technologies suscitent plusieurs interrogations dans les démocraties libérales, entre autres en matière d'imputabilité. « C'est le principe de la *black box* : les données à l'entrée et les décisions à la sortie sont connues, mais tous ignorent la nature des calculs entre les deux », analyse Romuald Jamet. Qui possède les lignes de code des algorithmes ? Telle est la question à un million de dollars...

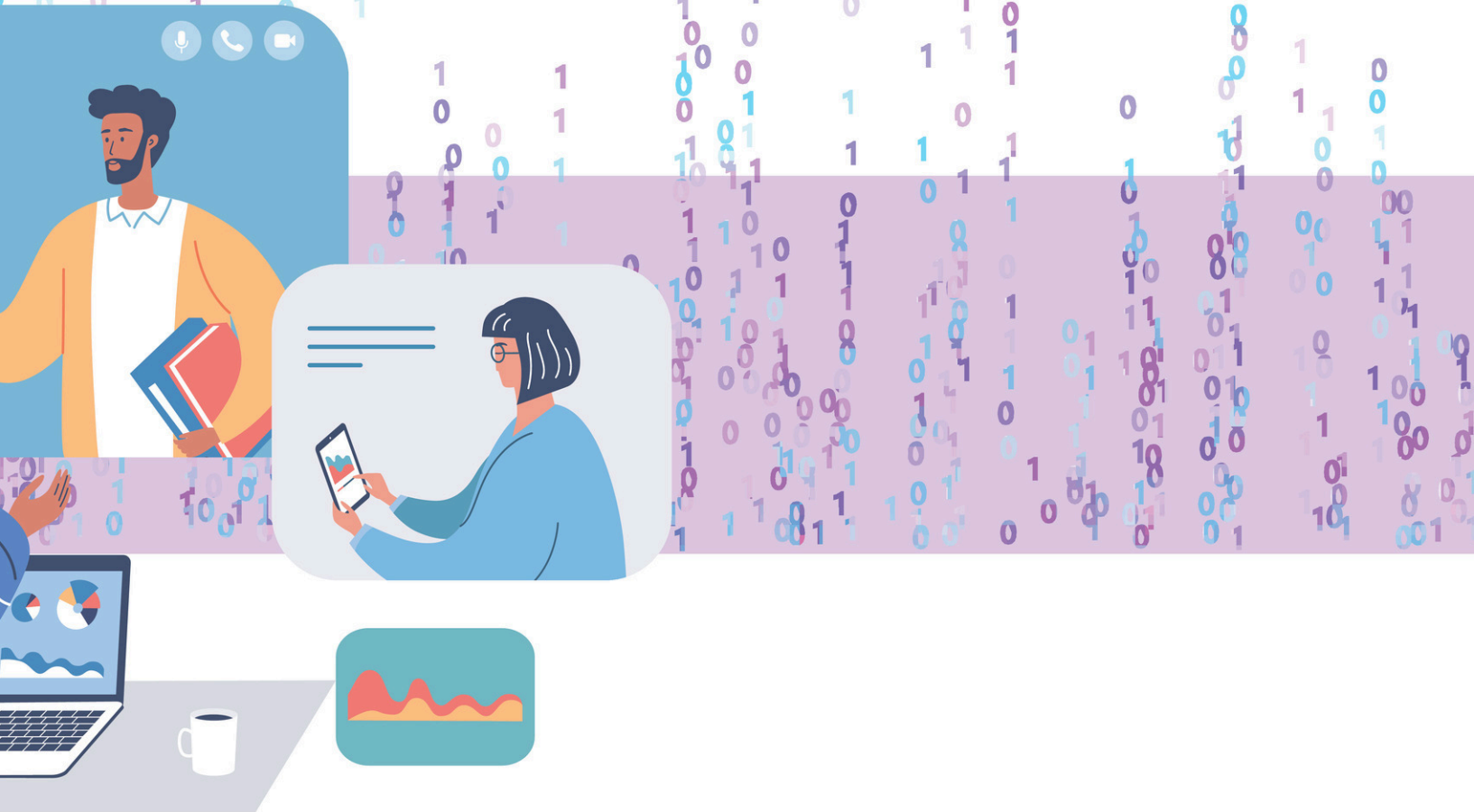


ÉDUCATION CITOYENNE

Mensonge et vérité qui se confondent, algorithmes qui font la loi, règles du débat public édictées par des oligopoles du web : les citoyens de demain devront faire montre de compétences pointues s'ils espèrent sauvegarder leurs droits et libertés dans notre monde de plus en plus numérique. Nos écoles leur transmettent-elles ce bagage ? « Elles ont le potentiel de les outiller, mais pas les capacités de le faire à l'heure actuelle, répond **Normand Landry**, professeur à la Télé-université (Université TÉLUQ) et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en éducation aux médias et droits humains. On trouve depuis deux décennies des contenus en éducation aux médias dans l'ensemble du programme, du préscolaire à la fin du secondaire, mais ils ne sont pas bien arimés à la formation des enseignants ni à leurs conditions de pratique de plus en plus difficiles. »

Le Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur du gouvernement du Québec prend acte de cette situation, sans toutefois la corriger entièrement. Lancé en 2018, cet engagement « permettra au Québec de s'adapter à la révolution numérique », soutient le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. L'année suivante, des experts mandatés par le ministère ont contribué, par leurs travaux, à la publication d'outils destinés à développer la compétence numérique des Québécois tout au long de leur scolarité, de manière à aider l'ensemble des acteurs du milieu à s'attaquer à ce vaste chantier. En parallèle, Normand Landry a signé *Un livre blanc sur l'éducation aux médias au Québec*. Le document contient des propositions qui sont le fruit d'un consensus ayant émergé lors d'un colloque tenu à Montréal en 2018.

« Concrètement, tout cela signifie que nous bougeons dans la bonne direction, qu'il y a une réelle volonté politique de travailler avec le milieu scolaire pour aller de l'avant. C'est d'ailleurs quelque chose qu'on voit partout en Occident : il y a une irrésistible vague de fond en faveur du développement de la littératie numérique », se réjouit Normand Landry. Un danger guette cependant : celui de façonner à la chaîne de bons travailleurs de la société du savoir plutôt que de former des citoyens éthiques, responsables et capables d'esprit critique. « La nuance est fondamentale ! Il y a pourtant lieu de s'inquiéter lorsqu'on voit les géants du numérique s'insérer dans ce débat avec les moyens qui sont les leurs », affirme le chercheur. En effet : que penser d'une campagne qui enseigne les algorithmes aux jeunes, mais qui est financée en partie par Microsoft ? ●



L'HYPERTRUCAGE, POUR LE MEILLEUR ET POUR LE PIRE

«Bonsoir, Mesdames, Messieurs; ici Bernard Derome de 1970. Eh oui.» Complet-cravate brun, coupe de cheveux vaguement Beatles, longs favoris : à l'écran, le célèbre présentateur de nouvelles apparaît comme il était jadis, lorsqu'il a commencé à animer le *Téléjournal* de Radio-Canada. Les images, on le comprend assez vite, sont trafiquées; Loto-Québec, qui les a dévoilées à l'occasion de son 50^e anniversaire en février 2020, ne s'en est jamais cachée. Ce coup de pub a été rendu possible par l'hypertrucage (ou *deepfake* en anglais), une technique de synthèse d'images basée sur l'intelligence artificielle qui vise à superposer des fichiers audio et vidéo existants sur d'autres vidéos. «Reconnaître un hypertrucage bien fait est difficile, même pour quelqu'un comme moi dont c'est le sujet de recherche, avoue **Éric Paquette**, professeur au Département de génie logiciel et des technologies de l'information de l'École de technologie supérieure (ÉTS). Les enjeux éthiques sont pourtant criants : on peut créer de toutes pièces des contenus pour diffuser des discours de haine ou propager de fausses nouvelles.»

Les travaux de ce spécialiste en développement d'applications graphiques et interactives n'ont pourtant rien à voir avec la désinformation. Bien au contraire : ils visent à faciliter la vie d'entreprises spécialisées en postproduction audio offrant par exemple des services de doublage. «Nous souhaitons littéralement faire bouger les lèvres des acteurs de manière conforme à la langue parlée. Traditionnellement, on emprunte plutôt le chemin inverse : on compose un texte dans la langue de doublage souhaitée qui correspond le plus possible au mouvement des lèvres à l'écran, dans la langue originale», explique-t-il. Pour réaliser ce tour de force, Éric Paquette et ses collaborateurs font appel à des algorithmes d'apprentissage automatique, qu'ils alimentent d'images filmées dans différentes langues. Grâce à cette approche basée sur l'intelligence artificielle, ils espèrent être en mesure de générer des vidéos dans lesquelles les bottines suivent les babines, et vice-versa, d'ici un à deux ans. «Nous nous sommes donné comme contrainte de ne pas numériser les acteurs en 3D. Ce ne

serait pas très réaliste dans le contexte de la production cinématographique internationale, où les comédiens ne sont pas facilement accessibles», souligne le scientifique. À l'heure actuelle, un certain niveau de compétence est nécessaire pour réaliser un hypertrucage digne de ce nom. Les quelques applications qui prétendent y parvenir, notamment Reface et FaceApp, remplacent tout simplement un visage par un autre dans une vidéo, sans plus. L'hypertrucage s'est d'ailleurs fait connaître ainsi, lorsque les minois de personnalités célèbres comme Emma Watson ont été vulgairement posés sur des corps d'actrices nues. Ce n'est cependant qu'une question de quelques années avant que la technologie se raffine et soit plus accessible. «Ne nous leurrions pas : l'hypertrucage est déjà à la portée d'organisations malveillantes et des gouvernements», prévient Éric Paquette.

LA SOCIAL-DÉMOCRATIE RESTE TRÈS RÉSILIENTE

Contrairement aux perceptions, l'État-providence se porte très bien, et les filets de protection se renforcent.

Par Jocelyn Coulon



n'est jamais conseillé de se laisser dominer par ses sentiments ou ses perceptions. Ainsi, certaines personnes, de plus en plus nombreuses, accréditent l'idée

que la social-démocratie est en déclin depuis une vingtaine d'années, et que ce recul est le résultat d'une combinaison de facteurs mortifères : la mondialisation, les délocalisations, les développements technologiques, le libre-échange, la montée du populisme... Qu'en est-il réellement ?

« J'ai une bonne nouvelle à vous annoncer, dit **Stéphane Paquin** au téléphone. La social-démocratie est bien plus résiliente et en santé qu'on le pense. » Professeur à l'École nationale d'administration publique (ENAP), il publie ce printemps *La mondialisation, une maladie imaginaire*, que nous avons pu lire en exclusivité. Un essai coup de poing dans lequel, chiffres à l'appui, il minimise les effets de la mondialisation sur l'État-providence et documente l'extraordinaire vigueur de la social-démocratie, qui, même aujourd'hui, colore les actions de gouvernements considérés comme libéraux ou conservateurs.

Avant d'écrire son livre, Stéphane Paquin était frappé par le pessimisme à l'égard de l'État-providence, que plusieurs estiment « en recul ». Pourtant, les statistiques qu'il compilait sur les dépenses publiques en santé, en éducation ou en aides diverses aux plus démunis contredisaient le discours ambiant. « Je faisais

face à un paradoxe, dit-il. Les dépenses qui financent l'État-providence sont à un sommet historique. Avant la crise de la COVID-19, l'emploi était à un niveau inédit pour les deux tiers des pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), malgré le libre-échange et l'automatisation. Et les pays sociaux-démocrates (Suède, Finlande, Danemark) surperformer par rapport aux pays libéraux (Canada, Royaume-Uni, États-Unis). Malgré tout, les doutes subsistent quant à la capacité de l'État à maintenir un niveau élevé de politiques sociales. »

Le chercheur s'est alors demandé : pourquoi croit-on que la social-démocratie est en déclin ? Il a trouvé plusieurs explications. Il y a d'abord la désaffection des électeurs envers les partis sociaux-démocrates. Pendant des années, ces derniers ont perdu des voix au profit de partis libéraux ou centristes. Au Québec par exemple, le Parti québécois, porte-étendard de la social-démocratie, a quasiment disparu. Ensuite, la perception d'un recul est alimentée par les effets de la mondialisation sur certaines catégories de gens qui ont perdu leur emploi ou vu leurs revenus stagner.

Enfin, notre imaginaire collectif nous joue des tours. « Les mauvaises nouvelles restent plus longtemps gravées dans notre mémoire que les bonnes, dit Stéphane Paquin. Ce biais conduit à un autre : celui de la perception du déclin, qui consiste à penser que le monde allait bien mieux avant et à juger le présent à l'aune d'un passé idéalisé. » Or, presque tous les indicateurs sociaux, même aux

États-Unis, indiquent un renforcement des filets de protection. « Il y a parfois des resserrlements, mais la tendance est à une augmentation de la protection », dit-il. « Au Québec, les programmes sociaux sont rarement contestés par les élites, même par les caquistes. En fait, le gouvernement de la Coalition avenir Québec (CAQ) a bonifié les garderies publiques, les congés parentaux, l'égalité salariale, l'accès aux lunettes gratuites... » Pourquoi ? Stéphane Paquin risque une explication. « Les dirigeants "conservateurs" sont des enfants de la social-démocratie. Ils tiennent à cet État-providence qui est devenu "normal". Ils l'ajustent, mais ils ne le remettent pas en cause. Dès lors, les partis sociaux-démocrates n'ont plus le monopole de la social-démocratie. »

Et la pandémie de COVID-19 ne va pas changer cette orientation. ●

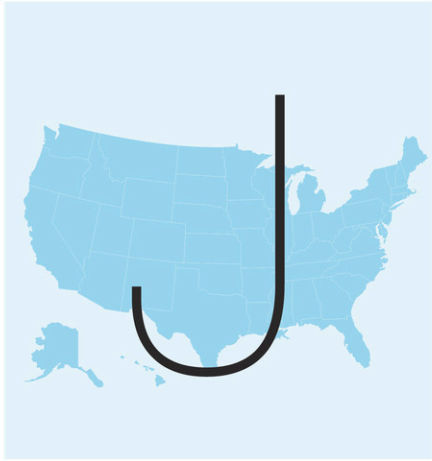


Stéphane Paquin, professeur à l'ENAP

LA MISSION IMPOSSIBLE DE JOE BIDEN

Le trumpisme influencera-t-il de façon durable la manière de faire de la politique chez nos voisins du Sud? Poser la question, c'est y répondre.

Par Maxime Bilodeau



Joe Biden ne s'est pas fait prier pour déconstruire plusieurs pans de l'héritage de Donald Trump. Dès son entrée en fonction, le 46^e président des États-Unis a posé une série de gestes concrets visant à renverser certaines mesures phares de son prédécesseur, comme réengager son pays dans l'Accord de Paris sur le climat et annuler le moratoire imposé aux ressortissants venant de certains pays à majorité musulmane. Le nouveau locataire de la Maison-Blanche aura cependant fort à faire pour réparer les pots cassés durant les quatre années de l'ère Trump.

« Nous ne sommes plus en 2016, fait valoir **Élisabeth Vallet**, chercheuse à l'Observatoire sur les États-Unis de la Chaire Raoul-Dandurand en études stratégiques et diplomatiques de l'Uni-

versité du Québec à Montréal (UQAM) et professeure en études internationales au Collège militaire royal de Saint-Jean. Beaucoup de choses ont changé pour de bon lors du règne de Donald Trump, dont les pleines conséquences se feront ressentir pendant des années, voire des décennies. »

Le droit américain pourrait bien être l'une des principales victimes collatérales de cette présidence. Au cours de son mandat, Donald Trump a procédé à plusieurs nominations de juges ultraconservateurs dans les différentes cours fédérales. « Ces candidats, jeunes pour la plupart, feront carrière et progresseront dans l'appareil judiciaire. Ce faisant, ils redéfiniront la nature du droit américain en fonction de leurs orientations idéologiques », prévoit la politologue. Déjà, trois magistrats nommés par Trump siègent à la Cour suprême, la plus haute instance judiciaire du pays.

Qui plus est, certaines décisions controversées ne pourront être infirmées simplement. Ainsi, il faudra déclencher une procédure longue et fastidieuse devant le Congrès pour retirer Cuba de la liste des États soutenant le terrorisme. Y placer cet État insulaire n'a pourtant demandé qu'un simple décret présidentiel, promulgué en toute fin de mandat de surcroît... Un autre exemple : la fonction publique américaine est désormais peuplée de nombreux fonctionnaires considérés comme de loyaux trumpistes qui, selon Élisabeth

Vallet, n'hésiteront pas à nuire à la bonne administration des affaires de l'État.

LES ÉTATS DÉSUNIS

La cerise sur le gâteau : Joe Biden devra composer avec une société hautement polarisée, au sein de laquelle les divisions (démocrates contre républicains; villes contre régions; etc.) sont plus grandes et plus profondes que jamais. De l'inédit depuis Abraham Lincoln, qui était arrivé lui aussi à la tête d'une nation divisée en 1861. La guerre de Sécession avait d'ailleurs éclaté peu après sa prise de fonction. « Biden a annoncé son intention de gouverner au centre. Le problème, c'est que des républicains qui étaient jadis considérés comme des "démocrates de droite" se sont radicalisés à un point tel qu'il n'est plus possible de discuter de politique avec eux », indique Élisabeth Vallet.

De fait, le plus grand défi du nouveau président sera certainement de réunifier les Américains autour de projets, d'objectifs et de rêves communs. Comment y parvenir? « À vrai dire, je l'ignore, répond la chercheuse. Les États-Unis sont confrontés à un improbable scénario de restauration onusienne de la démocratie d'un État de droit. C'est une situation qu'on voit généralement dans des sociétés post-autocratiques. » Pas dans la prétendue plus grande démocratie du monde. ●



RECONNAÎTRE LE RACISME SYSTÉMIQUE... POUR MIEUX LE CHANGER

Le racisme vécu par les Autochtones est documenté depuis longtemps. Néanmoins, il a fallu la vidéo virale de Joyce Echaquan pour provoquer une prise de conscience collective. Peut-on maintenant espérer un réel changement ?

Par Martine Letarte



L'automne dernier, le drame de Joyce Echaquan a bouleversé le Québec. Tout juste avant de mourir, cette femme atikamekw de 37 ans s'est filmée en direct sur Facebook pour montrer comment elle était mal traitée et insultée par le personnel soignant de l'hôpital de Joliette. Une illustration-choc des inégalités raciales dans le système de santé ; un problème décrit par plusieurs études et rapports depuis des années.

« Le public réalise que les personnes qui se disent victimes de discrimination racontent la vérité, qu'elles n'exagèrent pas. Et c'est beaucoup grâce aux médias sociaux, qui permettent aux gens de le voir de leurs propres yeux », explique **Sébastien Brodeur-Girard**, professeur à l'École d'études autochtones de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT).

Il croit que cette nouvelle prise de conscience sociale pourrait attirer da-

vantage l'attention sur les analyses qui continuent de sortir sur le sujet. Or cela ne garantit pas un réel changement sur le terrain, d'autant plus que le gouvernement du Québec refuse de reconnaître l'aspect systémique de ce racisme.

« [Le problème] n'est pas tant le racisme manifesté par certaines personnes, même s'il y en a, mais les conséquences de politiques publiques sur des populations vulnérables. Souvent, ces politiques n'ont pas été implantées en vue de nuire, mais pour toutes sortes de raisons historiques et culturelles, elles heurtent tout de même des groupes », explique celui qui est aussi avocat.

Prenons l'exemple de la Direction de la protection de la jeunesse (DPJ). Un jeune placé en famille d'accueil doit avoir à sa disposition une chambre à coucher, de préférence privée. « Cela permet de donner de l'intimité à l'enfant, mais il y a un manque critique de logements dans les communautés autochtones, et pratiquement personne n'y a sa propre chambre », explique Sébastien Brodeur-Girard. Par défaut, cette politique exclut d'emblée presque toutes les familles autochtones en communauté. « Elle finit donc par encourager le placement des enfants autochtones dans des familles non autochtones et par les couper de leur culture », soutient-il.

Pour arriver à des changements, il faudra modifier ces politiques. « Mais en refusant de reconnaître la dimension systémique du problème, le gouvernement est très mal placé pour agir », affirme Sébastien Brodeur-Girard, qui a participé à

la Commission d'enquête sur les relations entre les Autochtones et certains services publics, dont le rapport — déposé en septembre 2019 — comprend 142 appels à l'action.

LE DEVOIR DE DOCUMENTER

D'aucuns s'entendent pour dire que l'affaire Joyce Echaquan n'est que la pointe de l'iceberg. « Par exemple, on commence à parler des stérilisations forcées de femmes autochtones qui se sont passées il n'y a pas si longtemps et des enfants enlevés de leur famille dans les années 1950, 1960 et 1970 », indique M^e Brodeur-Girard.

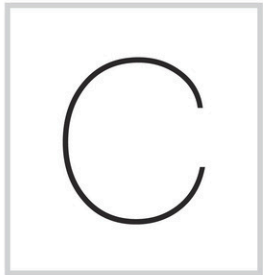
Documenter ces pans de l'histoire aidera à mieux comprendre pourquoi les Autochtones ont peu confiance envers le système de santé. « En plus, à l'hôpital, on ne s'adresse pas à eux dans leur langue, alors ils ne comprennent pas bien, et cela alimente leur méfiance », ajoute-t-il. « Ils peuvent ainsi percevoir les milieux de soins comme dangereux et refuser de s'y rendre. Des gens sont morts pour cette raison. »

Bien sûr, toute société préférerait que ces histoires d'horreur n'aient jamais eu lieu, et aucune n'aime se faire accuser de racisme systémique. « C'est encore plus vrai pour les autorités, affirme Sébastien Brodeur-Girard. Il y a des intérêts politiques en jeu, et la question de l'image est très importante. Documenter le caractère systémique du racisme est donc crucial pour que, un jour, on finisse par le reconnaître, et qu'on puisse changer les choses. » ●

LE VOTE POUR TOUS!

Ce n'est qu'à partir de 1993 que les Canadiens avec une déficience intellectuelle ont pu exercer leur droit de vote. Quel chemin a-t-on parcouru depuis ?

Par Annie Labrecque



Cela peut sembler incongru : en 1993, les citoyens canadiens aux prises avec une déficience intellectuelle ont enfin pu accéder au droit de vote. «L'ancienne loi électorale considérait ces personnes comme inaptes à voter. Cela a été contesté, car c'est une mesure trop arbitraire et discriminatoire», relate **Bernard Gagnon**, professeur en éthique à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR). «Il fallait y mettre un terme, et c'est ainsi que l'accès au vote est devenu universel pour tous les citoyens canadiens, qu'ils aient une déficience intellectuelle ou non.»

Bernard Gagnon a fouillé la question dans un article publié en 2019 dans l'*European Journal of Disability Research*. Il y souligne que l'adoption de la Convention relative aux droits des personnes handicapées des Nations unies, établie en 2008, a poussé des États à modifier leur système électoral pour donner une voix pleine et entière aux personnes qui présentent une déficience intellectuelle. C'est le cas de la France, du Royaume-Uni et de l'Australie, qui ont abrogé cette pratique discrimina-

toire. Chez nos voisins du Sud, cependant, le contexte est différent. Certains États, comme la Floride et la Californie, peuvent soumettre des personnes placées sous tutelle à des tests afin de déterminer si elles sont aptes à voter. «Ces évaluations sont très contestées, car on ne les fait pas passer à tous les citoyens américains. Elles sont jugées discriminatoires parce qu'il faut décider à qui cela s'applique en préjugant qu'une telle personne devrait passer le test avant d'aller voter», souligne Bernard Gagnon.

UN DROIT DE VOTE PLUS INCLUSIF

Si le Canada est exemplaire en ce qui a trait à l'accès au vote, déposer son bulletin dans l'urne demeure difficile pour une personne aux prises avec un handicap cognitif. Pourtant, des mesures ont été mises en place pour aider les gens avec un handicap physique, visuel ou auditif à participer à l'élection, par exemple l'implantation de bureaux de scrutin itinérants, des bulletins de vote adaptés aux électeurs aveugles ou le vote par la poste. «Les personnes avec une déficience intellectuelle peuvent avoir de la difficulté à comprendre les processus électoraux et le droit de vote», rappelle Bernard Gagnon. Il faudrait améliorer la façon de communiquer les enjeux électoraux en

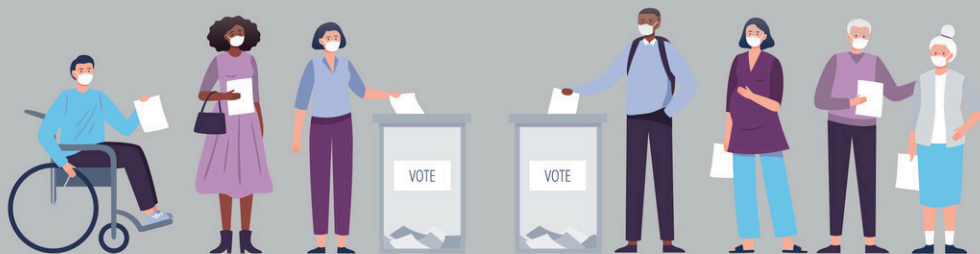
ayant recours à des tuteurs politiques, une avenue mise de l'avant par la philosophe américaine Martha Nussbaum. «Ce tuteur exprimerait le droit de vote au nom de la personne, et non pas à sa place», explique le chercheur. Par contre, cette mesure est critiquée, ajoute-t-il, parce qu'elle remet en question plusieurs principes du système électoral; la confidentialité du vote, entre autres. D'autres idées émergent néanmoins, comme l'intervention d'un comité faisant office de «protecteur du citoyen». Ses membres exprimeraient le choix électoral de certains groupes de la population. En pratique, cette avenue est toutefois loin d'être satisfaisante du point de vue éthique, puisqu'elle contrevient à l'individualité du vote.

Cela dit, on peut déjà se réjouir que les personnes vivant avec un ou des handicaps soient davantage consultées pour rendre le vote plus inclusif. Par exemple, elles forment un comité consultatif qui, depuis 2014, aide Élections Canada à améliorer l'accès au scrutin.

Dans tous les cas, la réflexion se poursuit, car il y aurait moyen de changer les structures politiques pour que chaque citoyen, peu importe ses différences, ait sa propre voix dans la société. ●



LES ÉLECTIONS MUNICIPALES SOUS LA LOUPE



Sandra Breux,
professeure à l'INRS et responsable du
Laboratoire sur les élections locales

Des chercheurs s'attaquent à la méconnaissance de la scène municipale dans l'espoir de lui faire perdre sa réputation de parent pauvre de la démocratie.

Par Dominique Wolfshagen

S'

il est bien connu que les élections municipales n'attirent pas autant d'électeurs aux urnes que les autres exercices politiques, elles

susciteraient toutefois de plus en plus l'intérêt de chercheurs canadiens, selon **Sandra Breux**, professeure au Centre Urbanisation Culture Société de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) et responsable du Laboratoire sur les élections locales (LABEL). «Je n'aurais pas dit ça il y a 10 ans, mais maintenant, ça bouge beaucoup!» lance-t-elle.

Au cœur de ce gain de popularité : la multiplication des collaborations entre des chercheurs de partout au pays. Sandra Breux s'est d'abord alliée à Laurence Bherer, de l'Université de Montréal, afin de scruter les élections municipales québécoises. Elle a ensuite élargi le réseau à l'échelle canadienne en créant le LABEL en 2014, en plus de travailler avec Jérôme Couture, de l'Université Laval, avec qui elle

a publié en 2018 l'ouvrage *Accountability and Responsiveness at the Municipal Level: Views from Canada*.

Cette mise en commun des connaissances et des efforts a mené à une compréhension plus fine des facteurs régissant la participation aux élections municipales. «La taille de la municipalité joue un grand rôle : plus la municipalité est petite, plus la participation est grande. Cette tendance s'expliquerait notamment par la théorie voulant que plus un électeur a l'impression que son vote a des chances d'influencer le résultat, plus il est probable qu'il se déplace aux urnes», rapporte la chercheuse.

Les taux de participation augmenteraient également lors d'élections plus serrées ou compétitives, notamment en présence d'un grand nombre de candidats ou de questions précises (des propositions de projets mobilisateurs, ou encore des scandales ou soupçons de corruption, notamment). Autrement dit, le contexte particulier de chaque municipalité est ce qui a le plus de poids.

Maintenant que les chercheurs comprennent mieux les paramètres prédisant le taux de participation, leur attention se tourne davantage vers les éléments

plus difficiles à chiffrer. Par exemple, comment l'intérêt de l'électeur est-il modulé par l'information locale, ou alors par la présence et le rôle des femmes en politique municipale ? Ou encore, comment solliciter l'électorat plus jeune, qui a tendance à moins voter de manière générale ? « Il nous manque encore beaucoup d'informations sur le profil de l'électeur », concède Sandra Breux. Certaines pistes sont déjà explorées, comme l'hypothèse qu'un citoyen est plus susceptible de s'intéresser aux élections municipales s'il est propriétaire. Cependant, pour le moment, les études sur le sujet n'arrivent pas à un consensus.

En fin de compte, les chercheurs planchent encore sur la façon d'intéresser l'électeur à ces mal-aimées des exercices politiques que sont les élections municipales. Il s'agit pourtant du type de pouvoir que les citoyens peuvent influencer le plus directement, sans compter qu'il touche leur portefeuille ainsi que plusieurs services du quotidien. En éclairant les nombreuses zones d'ombre restantes, le LABEL espère ainsi contribuer à l'augmentation de la participation électorale municipale. ●

LE DIALOGUE COMME PLANCHE DE SALUT

Tendre des perches : voilà comment contrer la fragilisation de la démocratie dans un monde occidental de plus en plus divisé.

Par Dominique Wolfshagen



Protéger la démocratie n'est pas chose aisée quand on considère qu'elle ne fonctionne pas comme un interrupteur, mais plutôt comme un gradateur... réglé par des personnes qui ne voient pas toujours les choses du même œil que le sien, parfois au point de tomber dans les extrêmes.

Geneviève Nootens, professeure en science politique à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), rappelle que les régimes politiques bougent sur le « continuum démocratisation/dé-démocratisation ». D'après les travaux du sociologue américain Charles Tilly, ce « gradateur » s'ajusterait continuellement en fonction de trois champs de bataille.

Le premier consiste à se demander quels aspects importants de son existence la population accepte de confier à l'État : l'éducation, les pensions de vieillesse, la santé, les routes... ? Chaque élément délégué requiert bien entendu une bonne dose de confiance envers les institutions, relève la professeure. « Dans les sociétés

complexes, on ne peut généralement pas se reposer sur la confiance de type interpersonnel, parce que les gens ne se connaissent pas tous. La confiance passe donc par des mécanismes plus laborieux, notamment les institutions, afin d'assurer un traitement équitable pour toute la population. »

Ensuite : y a-t-il présence de milices privées ou paramilitaires qui agissent au nom d'individus ou de groupes, et qui tentent de s'imposer ou de préserver le pouvoir entre leurs mains ? « La démocratie est le nom qu'on donne aux régimes dans lesquels la consultation des citoyens est la plus étendue, égale et protégée possible ; où les citoyens ne risquent pas la mort ou de graves conséquences lorsqu'ils font valoir leur point de vue. Il faut également que les institutions publiques soient contraintes de suivre la volonté de la population, contrairement à certains régimes autoritaires qui n'utilisent le vote qu'à titre indicatif, par exemple », illustre Geneviève Nootens.

Enfin, à quel point les inégalités sociales se ressentent-elles sur le plan politique ? Par définition, en démocratie, la souveraineté appartient au peuple. Cela implique par conséquent de favoriser l'égalité des droits et l'égalité de participation de tous ses membres, incluant ceux à plus faible revenu ou appartenant à différents groupes minoritaires.

« Tout cela étant dit, la démocratie repose sur un équilibre très fragile, historiquement ; la dé-démocratisation survient beaucoup plus rapidement que la démocratisation, alors il faut être attentif à tout signe de dégradation », soutient la

chercheuse. Celle-ci prend la peine de rappeler que même si les régimes démocratiques ne sont pas parfaits, ils ont permis d'améliorer considérablement l'existence des gens « ordinaires ».

Selon elle, la polarisation est certainement problématique : « Lorsque le centre de l'échiquier politique se vide vers les extrêmes, le dialogue est alors beaucoup moins facile. Or la démocratie requiert sinon de réaliser des consensus, au moins d'accepter qu'on ne soit pas toujours d'accord ; d'accepter que parfois, on gagne, et parfois, on perd. La démocratie repose sur une délibération publique saine et posée, où chacun est respecté. »

Par contre, la polarisation serait loin d'être la seule responsable de la dégradation des démocraties. À titre d'exemple, l'effondrement des démocraties dans l'Europe de l'entre-deux-guerres montre que la polarisation des citoyens n'était pas très importante ; c'est plutôt l'influence d'élites politiques et économiques qui aurait mené à l'avènement des régimes fascistes. « C'est très intéressant, surtout en regard de l'attitude des républicains face à Trump : leur tolérance a conduit à des actes qui ont culminé avec les événements du Capitole, et ils sont donc, de mon point de vue, en bonne partie responsables de ce qui est arrivé en janvier dernier », avance M^{me} Nootens.

Elle met cependant en garde de ne pas traiter toute dissension comme un problème — au contraire, car une importante partie de l'activité démocratique requiert la contestation afin de corriger ou de parfaire ses institutions.

RÉTABLIR DES PONTS

Élise Bourgeois-Guérin, professeure à la Télé-université (Université TÉLUQ) spécialisée en psychologie ainsi qu'en radicalisation et extrémisme violents, pousse la remarque plus loin : même la radicalisation n'est pas toujours à condamner. « C'est que la façon de la définir est très liée au contexte, mais certains mouvements qu'on a pu qualifier de radicaux à une autre époque nous ont permis d'évoluer et d'apporter des progrès qu'on tient aujourd'hui pour acquis, comme le droit de vote des femmes », rappelle-t-elle.

La menace envers la démocratie survient plutôt lorsque la radicalisation verse dans la violence. Or, bien que la recherche ait identifié des facteurs de risque ainsi que des facteurs de protection face à l'extrémisme, il n'existe pas de manière fiable de prédire qui basculera dans la violence, selon la chercheuse. Pire : l'implantation de mesures ciblant les communautés plus à risque de se radicaliser envenime davantage la situation. « Ça fait que les communautés se sentent profilées — avec raison —, alors ça augmente le ressentiment et brise la confiance, fait-elle valoir. C'est exactement le contraire de ce qu'on cherche à faire pour résoudre le problème, parce que pour certaines personnes, la radicalisation violente se présente justement comme la solution pour redresser des torts ! »

Que faire, donc, pour reprendre contact avec ceux qui ont franchi le Rubicon ? Réponse : recourir au même outil que pour préserver les démocraties, soit l'ouverture à ceux qui ne pensent pas comme nous. « Ça ne sert à rien d'attaquer directement leurs croyances, car ils ont des raisons

qui les poussent à y adhérer, et ils vont se braquer. Il faut plutôt se concentrer sur le désengagement des comportements problématiques », indique Élise Bourgeois-Guérin. « L'idée n'est pas tellement de freiner leur élan, mais plutôt de leur offrir une solution de rechange qui n'est pas destructrice, comme l'art, le sport ou l'accompagnement spirituel. »

D'ailleurs, depuis octobre 2020, la professeure participe à l'évaluation d'un programme québécois de mentorat mis sur pied par l'équipe de Recherche et action sur les polarisations sociales (RAPS), en collaboration avec le Réseau des praticiens canadiens pour la prévention de la radicalisation et de l'extrémisme violent (RPC-PREV), qui mise sur la réhabilitation sociale des jeunes engagés dans la radicalisation violente ou à risque d'y basculer. Des professeurs des universités McGill et Concordia ainsi que de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) prêtent également main-forte aux chercheurs, tout comme l'Institut national de psychiatrie légale Philippe-Pinel et le Musée des beaux-arts de Montréal.

« L'objectif est de donner des points d'ancrage à ceux qui sont attirés par la radicalisation violente, indique la chercheuse. Quand on est attaché au monde qui nous entoure, on est moins porté à le détruire. » ●

« L'objectif est de donner des points d'ancrage à ceux qui sont attirés par la radicalisation violente. Quand on est attaché au monde qui nous entoure, on est moins porté à le détruire. »

— Élise Bourgeois-Guérin, professeure à l'Université TÉLUQ



ON DIT QUE
LES MEILLEURS
ATTIRENT
LES MEILLEURS

LES FAITS LE CONFIRMENT POUR
POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

Depuis le 1^{er} juin 2018,
Polytechnique Montréal
a embauché

57

nouveaux professeurs,
parmi les **meilleurs**
au monde, dont près de

40%
de femmes.

Depuis le début des
subventions de recherche
Alliance du CRSNG,
Polytechnique arrive
au **premier rang des**
universités québécoises
en termes de financement.
Ses projets ont obtenu

24,4%

du montant total
des subventions octroyées
au Québec et

8,3%
au Canada.

L'an dernier,

50

scientifiques
de Polytechnique Montréal
ont été parmi les


2%

les plus cités
dans le monde,
selon une étude
de l'université
Stanford.

LES CARTES,

TÉMOINS DU MONDE

Les cartes anciennes sont loin d'être banales, elles racontent l'évolution de la vision du monde.



Un message atterrit sur la page Facebook de *Québec Science* un jour de juin 2020. « Bonjour, simplement vous informer que la carte que vous montrez n'est pas correcte. Le Groenland est plus petit que l'Amérique latine. Votre carte présente une version tordue de la réalité. C'est peu scientifique de votre part! » Le jeune homme à l'œil de lynx fait référence à une carte de l'Organisation mondiale de la santé accompagnant un article sur la COVID-19 où le Groenland paraît plus grand que l'Amérique du Sud. En réalité, il est sept fois plus petit que ce continent!

L'anecdote illustre bien le défi que plusieurs cartographes ont eu à relever au fil des siècles : comment reproduit-on la planète toute ronde sur une surface plane?

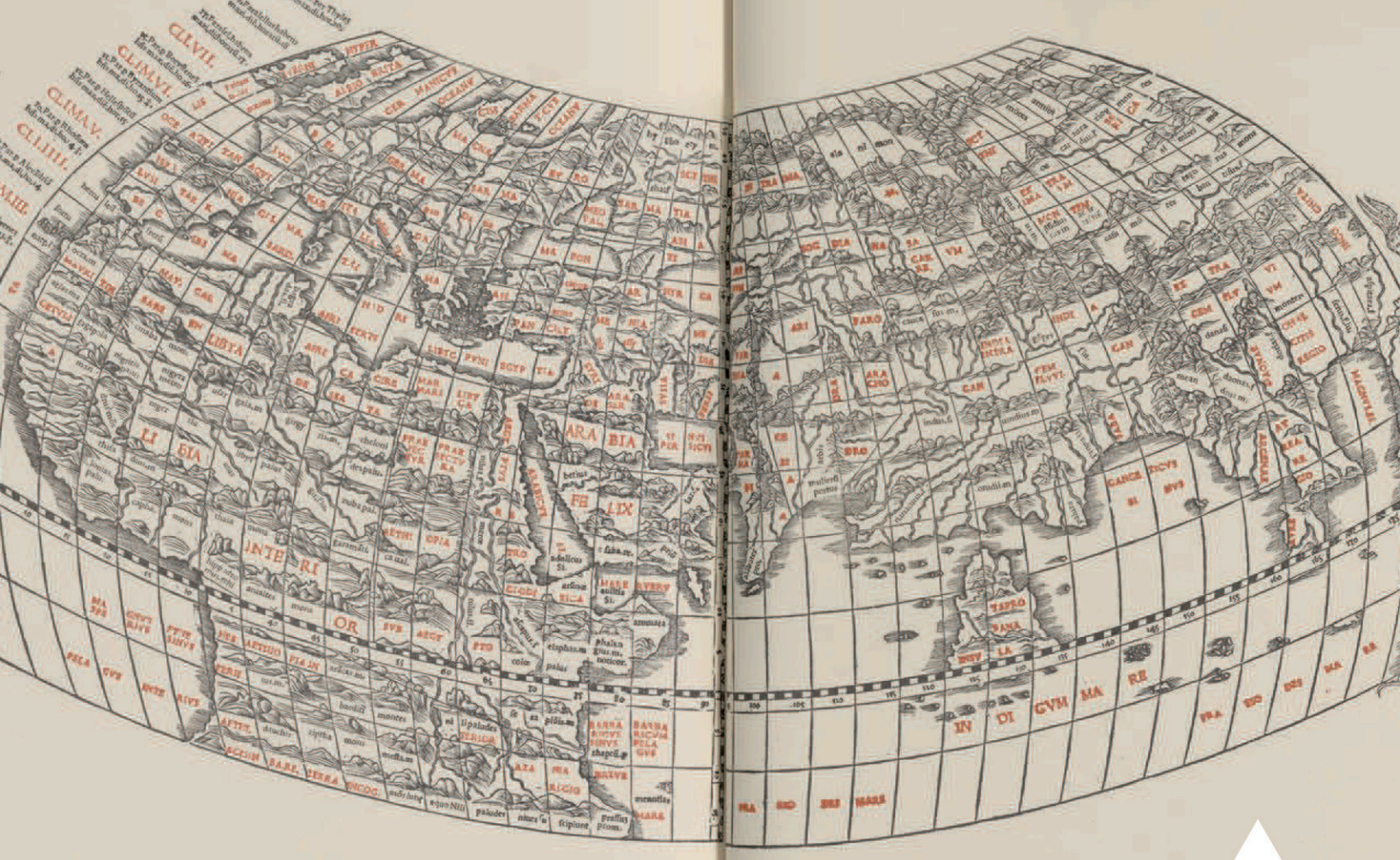
La science cartographique a pris son envol au 1^{er} siècle. L'astronome grec Claude Ptolémée inscrit dans un volume appelé *Geographia* les noms et coordonnées d'au moins 8 000 lieux, qui serviront de connaissances de base aux cartographes. « Il a été le premier à utiliser des coordonnées géographiques, la longitude et la latitude,

pour localiser un point dans le monde », souligne Lauren Williams, bibliothécaire aux livres rares et collections spécialisées de l'Université McGill.

Le savoir de Ptolémée atteint l'Afrique et l'Asie, mais semble être tombé dans l'oubli pendant des siècles en Europe. Les connaissances du géographe refont surface en 1493 dans l'encyclopédie illustrée *Chronique de Nuremberg*. Celle-ci contient une carte inspirée de son travail qui montre une vision intéressante de la Terre à cette époque où le Nouveau Monde n'a pas été encore découvert. « On voit des inexactitudes telle la représentation de l'océan Indien comme une étendue d'eau fermée. Les gens pensaient qu'il était impossible de faire le tour du continent africain », indique Lauren Williams. Au Moyen Âge, les Européens croient que le monde a été formé par les trois fils de Noé après le déluge. Ceux-ci figurent d'ailleurs dans trois coins de la carte tenant la Terre dans leurs mains.

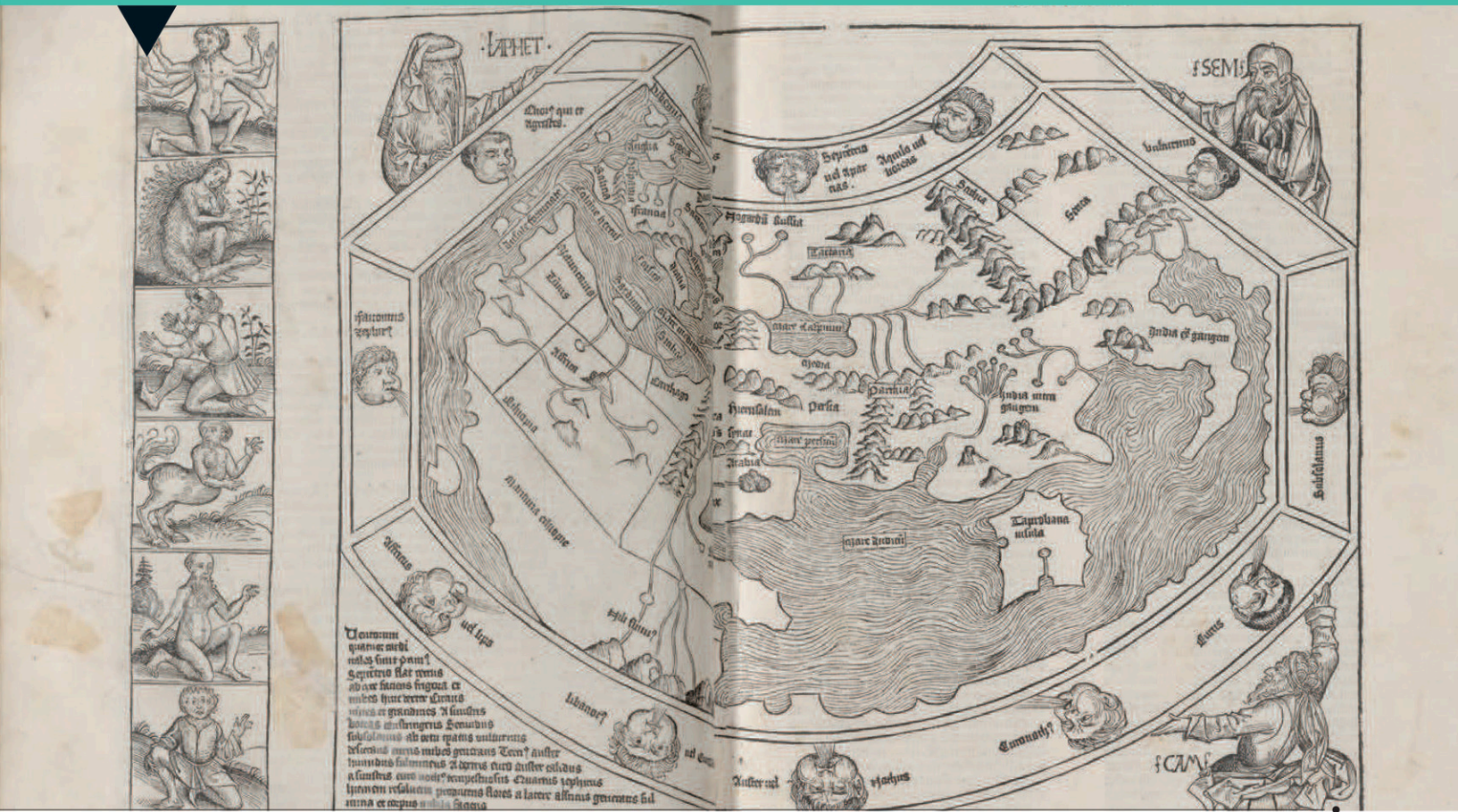
Quelques décennies plus tard, la projection de Mercator bouleverse le monde de

PAR ANNIE LABRECQUE



La carte inspirée de Ptolémée avec les trois fils de Noé

Les 8 000 localisations de Ptolémée placées dans l'encyclopédie illustrée Chronique de Nuremberg



SCIENCES



Carte datant de 1613 créée par Samuel de Champlain et le graveur David Pelletier.

« Le kayak était inconnu des Européens. Jodocus Hondius l'a représenté ici, en haut à droite, pour indiquer que les habitants utilisent cette embarcation. L'image fait comprendre qu'on peut ramer d'une main et de l'autre chasser les oiseaux avec un harpon », explique Alban Berson, de BANQ. En bas à gauche, on dirait une sorte de bande dessinée. Le cartothécaire mentionne qu'il faut la lire de la droite vers la gauche. « Ce sont des Amérindiens Tupinambas du Brésil. Hondius était fasciné par la façon dont ils fabriquaient leur boisson rituelle. Les femmes, décrites comme de jeunes vierges, sont représentées en train de mâcher des céréales pour les broyer et les cracher ensuite dans un bol. Le tout était bouilli et macéré pendant trois semaines. Ensuite, les hommes s'en enivraient lors de célébrations religieuses », décrit Alban Berson.



« Mercator lui-même a reconnu que la façon dont le monde était dessiné sur sa carte était inexacte. Mais pourquoi sa représentation est-elle toujours populaire? »

– Lauren Williams, bibliothécaire aux livres rares et collections spécialisées de l'Université McGill

la cartographie : c'est comme si l'on avait inséré la Terre dans un cylindre pour la compresser et la dérouler ensuite. Elle a été imaginée par Gerardus Mercator, un cartographe et géographe flamand qui a conçu ses premières cartes en 1569. Sa force est de conserver les distances nautiques entre deux points, ce qui était crucial pour les grands explorateurs de l'époque. « Le but de Mercator était d'inventer une projection utile à la navigation. Il n'essayait pas de représenter objectivement le monde tel qu'il était et ne se souciait pas des étendues terrestres, explique Lauren Williams. Les cartes dessinées selon la projection de Mercator ont permis aux marins de naviguer très loin sans avoir à changer le réglage de leur boussole. Tant qu'ils maintenaient le cap, ils arrivaient exactement là où ils pensaient aller. Il s'agissait d'un développement majeur en navigation et en cartographie. »

La projection de Mercator est encore la technique la plus utilisée de nos jours en cartographie. En contrepartie, comme le soulignait notre internaute sur Facebook, elle déforme certains points de la planète au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, ce qui explique la taille gênante du Groenland. « Mercator lui-même a reconnu que la façon dont le monde était dessiné sur sa carte était inexacte. Mais pourquoi sa représentation est-elle toujours populaire? » se demande Lauren Williams. La question est d'autant plus pertinente que pas moins d'une soixantaine de projections ont été créées depuis Mercator – sans qu'aucune soit parfaite.

SIRÈNES ET CASTORS

Les cartes se sont raffinées au fur et à mesure des nombreuses expéditions maritimes. Il n'était pas rare d'y voir, en plus des étendues de terres, des ornements : armoiries, anges, sirènes, monstres marins, bateaux, cannibales, baleines, histoire illustrée... Certains de ces ornements possédaient une signification particulière ; par exemple, la baleine symbolise la résurrection et les obstacles que les navigateurs ont dû affronter. D'autres dessins servaient à remplir le vide d'une carte ou à raconter

une histoire ; c'était l'usage qu'en faisait le Flamand Jodocus Hondius, graveur et cartographe. Il fut l'un des premiers à réaliser des cartes du Nouveau Monde. Alban Berson, cartothécaire à Bibliothèque et Archives nationales du Québec (BAnQ), pointe un bateau au large de la Virginie sur une carte de Hondius datant du début du 17^e siècle. « Les Amérindiens avaient une technique inusitée pour construire leur embarcation dans un tronc d'arbre au moyen d'un feu contrôlé qui brûlait l'intérieur. Cette technique de fabrication, inconnue des Européens, a tellement impressionné Hondius qu'il l'a illustrée sur sa carte », relate le cartothécaire. Cette pratique se voulait aussi informative qu'esthétique, selon Alban Berson. « Pour le propriétaire d'une carte, la fiabilité des données géographiques et topographiques est importante, mais si elle est enjolivée, c'est aussi un atout », dit-il. Les cartes destinées aux rois et à leurs conseillers sont particulièrement spectaculaires.

Allier la minutie au style était la spécialité du grand navigateur français Samuel de Champlain, fondateur de la ville de Québec en 1608. Encore aujourd'hui, il est reconnu pour ses cartes très précises. Elles ont permis aux historiens de recréer ses voyages. « Champlain était un promoteur du Nouveau Monde. Il voulait absolument le coloniser, s'y installer et le déclarer territoire français. Il a toujours fait la promotion de cet endroit, qu'il trouvait riche en ressources naturelles », expose Ann Marie Holland, bibliothécaire aux livres rares et collections spécialisées de l'Université McGill et spécialiste des cartes du célèbre explorateur.

Ainsi, des plantes et des animaux (castor, rat musqué, renard) ornent l'une de ses cartes, datée de 1613. En montrant les richesses de cette nouvelle contrée, Champlain cherchait à y attirer ses compatriotes et à séduire des investisseurs pour ses traversées. Sur cette même carte, on peut voir quatre Amérindiens vaquant à différentes occupations. « Les peuples autochtones étaient considérés comme des guerriers, mais aussi comme des agriculteurs. Champlain essayait donc de dépeindre ces deux côtés », détaille Ann Marie Holland.



Dans les années 1760, le général James Murray met sur pied un immense projet de cartographie de la vallée du Saint-Laurent. Une équipe d'ingénieurs militaires qualifiés accompagnent le capitaine Samuel Holland pour effectuer cette tâche, qui les mènera dans tous les villages.

UNE ARME POLITIQUE

Peu importe la perspective choisie, les cartographes ne sont pas impartiaux. «Les gens pensent que les cartes, anciennes ou récentes, sont des documents neutres, fait observer Isabelle Charron, archiviste des cartes anciennes à Bibliothèque et Archives Canada. La carte est fiable, mais il y a toujours une intention ou une façon de représenter la réalité qui en occulte d'autres. Il faut donc la lire avec cela en tête.»

Le professeur d'histoire de l'Université de Sherbrooke Tristan Landry analyse notamment la part de vérité dans les cartes anciennes. Il donne l'exemple de Londres au 17^e siècle : les quartiers pauvres n'étaient pas signalés ! «L'idée était de montrer une image parfaite de la ville», remarque-t-il. À notre époque, certaines villes utilisent ce subterfuge. Ainsi, à l'occasion des Jeux olympiques de Rio de Janeiro, en 2016, une carte touristique produite par les autorités municipales ignorait les favelas adjacentes aux lieux de compétition.

Objet de mensonges, les cartes peuvent aussi devenir des armes politiques et faire couler le sang. Pendant la guerre de Sept Ans, qui s'est déroulée de 1756 à 1763, l'armée britannique voulait conquérir la vallée du

Saint-Laurent. Cependant, elle connaissait mal le fleuve, un cours d'eau difficilement navigable. Ce sont les Français qui possédaient les cartes les plus fiables. «Les Britanniques essayaient de voler ces cartes, raconte Isabelle Charron. Ils étaient prêts à tout pour obtenir des informations géographiques et sont même allés jusqu'à enlever des pilotes français du Saint-Laurent.» Du même souffle, l'archiviste rappelle la grande valeur des cartes anciennes. «Il faut s'imaginer tous les efforts humains et financiers nécessaires pour recueillir des renseignements géographiques alors que les satellites n'existaient pas.» Après le siège de Québec, le général James Murray met sur pied un immense projet de cartographie de la vallée du Saint-Laurent. «Murray devait se dire que plus jamais il ne se retrouverait dans cette fâcheuse position de ne pas connaître assez bien un territoire», estime Isabelle Charron. Cette très grande carte, produite en sept exemplaires, mesure 15 m de long sur 1 m de large. Bibliothèque et Archives Canada possède d'ailleurs deux copies de ce document en couleurs, dont celle qui appartenait à Murray. On y trouve des routes et des villages des années 1760 ainsi que leur nombre d'habitants, les hommes en âge de prendre les armes, la localisation des moulins, etc.

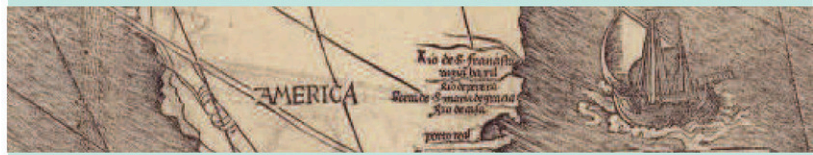
SOMBRES DESSEINS CARTOGRAPHIÉS

Les cartes dévoilent parfois le côté obscur de l'humanité, comme celles très troublantes créées par le régime nazi pendant la Seconde Guerre mondiale. «Les Allemands dessinaient des cercles noirs pour localiser et estimer la taille des différents groupes ethniques, plus particulièrement des Juifs, dans l'Europe centrale et l'Europe de l'Est, dans le dessein avoué de les faire disparaître, raconte Christopher Lyons, bibliothécaire en chef aux livres rares et collections spécialisées de l'Université McGill, encore ébranlé par le souvenir de ces cartes. Je n'ai jamais regardé le mal d'aussi près.»

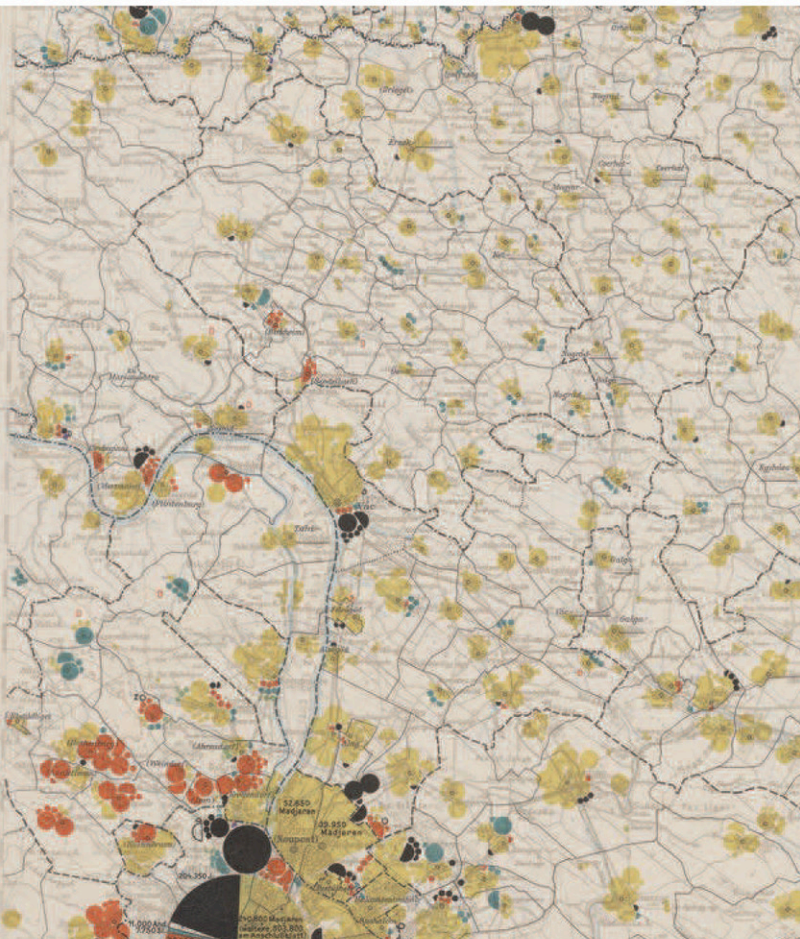
De son côté, Tristan Landry, de l'Université de Sherbrooke, a réussi à mettre la main sur une carte du renseignement militaire soviétique imprimée en 1981 à Moscou, pendant la guerre froide. Elle montre les alentours de Montréal et aurait été réalisée par des agents soviétiques qui devaient habiter la ville, puisqu'ils semblaient en connaître les moindres détails. «On y décrit la hauteur des ponts, une information utile pour savoir si les bateaux peuvent passer en dessous, ainsi que le poids supporté par ces structures. On indique aussi les lieux où se trouvent les antennes radio, les réserves de pétrole militaire et civil, les bâtiments appartenant à l'armée canadienne...» Quel était l'objectif de cette carte? Tristan Landry l'ignore, mais elle n'était assurément pas destinée à guider le public dans les rues de la métropole.



La carte babylonienne du monde La plus vieille carte recensée a plus de 2 600 ans et représente la ville de Babylone, qui est placée au centre, ainsi que les localités voisines.



Le planisphère de Waldseemüller de 1507 Cette carte murale est la toute première à mentionner le nom *America*, donné au continent en l'honneur de l'explorateur italien Amerigo Vesputi. « Environ 1 000 cartes de Martin Waldseemüller ont été produites et imprimées, mais il n'en reste qu'une seule copie, qui est conservée à la Bibliothèque du Congrès, aux États-Unis », indique Alban Berson, de BANQ. La carte a été acquise en 2003 pour 10 millions de dollars américains. Les ● indiquent l'emplacement de deux détails en mortaise au-dessus de la carte.



Le Nord captivé depuis très longtemps. Gerardus Mercator a créé, en 1395, une carte où l'on découvre le pôle Nord et ses environs. « Elle est fascinante, car elle est un objet à la fois de science et d'art, s'enthousiasme Stefano Biondo, cartothécaire à l'Université Laval. Les connaissances de l'époque ne permettaient pas de savoir ce qu'il y avait exactement au pôle Nord. » Mercator l'a donc dessiné en se basant sur des ouvrages anciens et en ajoutant quelques éléments fantaisistes, comme ce rocher tout au milieu ainsi que l'île fantôme de Frisland.



Une carte des Amériques où la Californie est présentée comme une île.

• IMAGE : GLEN MCLAUGHLIN COLLECTION OF CALIFORNIA

LES ERREURS EN SÉRIE

Au cours de l'histoire, les cartes se perfectionnent au fil des périples des explorateurs. Cependant, quand une erreur était commise, elle pouvait se répéter pendant des siècles ! Alban Berson, de BANQ, prépare d'ailleurs un livre complet sur ce sujet. « L'exemple le plus connu est celui de la Californie qui, pendant deux siècles [du 16^e au 18^e], a été représentée comme une île », relate-t-il. Ces cartes imparfaites font le bonheur des collectionneurs. Il existe d'ailleurs une collection consacrée à « l'île » californienne qui réunit 750 de ces cartes loufoques à l'Université Stanford, en Californie. La technologie moderne ne protège pas toujours contre ces erreurs. La preuve : l'île de Sable, près de la Nouvelle-Calédonie, figure pour la première fois sur une carte en 1774. Elle sera longtemps répertoriée sur certains atlas et mappemondes – y compris dans Google Maps. Mais il a fallu attendre le voyage d'un navire de recherche scientifique en 2012 pour constater que cette île n'a jamais existé !

Carte moderne avec la projection de Mercator où l'on peut constater la taille surdimensionnée du Groenland.



• IMAGE : DANIEL R. STREBE, WIKIMEDIA COMMONS / NASA

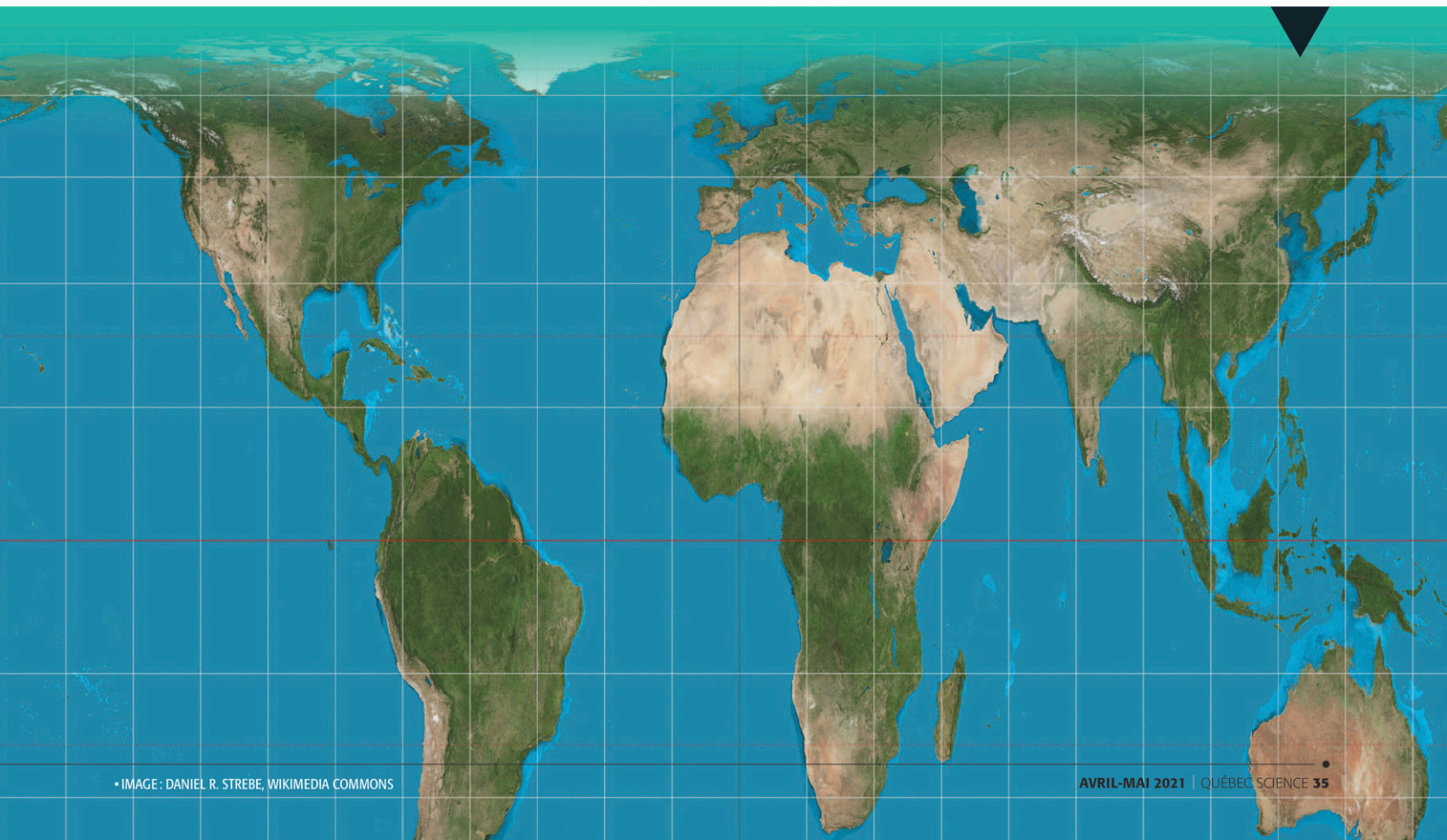
Encore aujourd'hui, malgré la précision des données satellitaires, des cartes dessinées autrefois se révèlent fort précieuses. Lors de l'invasion de l'Afghanistan par les États-Unis en 2001, les Américains se sont servis des cartes soviétiques parce qu'elles « indiquaient les meilleurs emplacements pour les points d'eau. L'armée pouvait donc arriver avec des repas déshydratés sans avoir à transporter d'eau », rapporte le professeur Tristan Landry.

Désormais, les cartes modernes sont accessibles en quelques clics sur nos appareils numériques. Mais le savoir séculaire est inscrit dans leur ADN : Google Maps utilise encore la projection de Mercator, car elle s'avère la plus appropriée à petite échelle en

préservant les angles droits. Personne ne voudrait d'une carte où les rues, pourtant en ligne droite, sont déformées. C'est là l'avantage indéniable de cette projection et ce qui explique son incroyable longévité.

Et pour en revenir à notre internaute avisé et au Groenland : sachez que, pour résoudre les enjeux de proportion de la projection de Mercator, une nouvelle représentation a été proposée dans les années 1970. Appelée Gall-Peters, du nom des deux cartographes qui ont contribué à son émergence (séparément, à des siècles différents !), elle respecte la proportion réelle des continents..., mais déforme aussi certains endroits de la planète : elle donne l'impression que la Terre est en train de fondre ! ●

La projection de Gall-Peters a l'avantage de montrer la taille des pays selon des dimensions plus près de la réalité que la projection de Mercator, mais comme on le voit, elle déforme les continents.



CASSE-TÊTE

DENTAIRE

Les dents de sagesse problématiques doivent être enlevées. Mais on extrait souvent des dents qui ne causent pas de problème sur la base de preuves scientifiques assez minces.

PAR JOËL LEBLANC

ILLUSTRATION : FRANÇOIS BERGER

Crac! On se rappelle toute sa vie l'extraction de ses dents de sagesse. Les bruits suspects. L'odeur de brûlé. Les forces appliquées. Le goût ferreux du sang. La dent qui finit par sortir – en morceaux... Et le dentiste qui assure que tout va bien malgré ces sensations qui font croire le contraire. Pour les chirurgiens-dentistes qui la pratiquent, l'extraction des troisièmes molaires, comme on les appelle en clinique, est presque une opération de routine et il s'en enlève des millions dans le monde annuellement. Ni au Québec ni dans le reste du Canada

on ne tient de statistiques officielles à ce sujet, mais un article publié en 2013 dans le *Journal of the Canadian Dental Association* lançait l'estimation grossière, à ce moment-là, jusqu'à 7 millions de Canadiens pourraient avoir des dents de sagesse « de travers », pour autant de chirurgies potentielles. Aux États-Unis, une étude de 2007 mentionnait qu'il s'arrachait alors environ 10 millions de dents de sagesse par an de la bouche de 5 millions de personnes.

On enlève ces troisièmes molaires parce qu'elles causent des problèmes, bien sûr. Mais pas toujours. Qu'il s'agisse de dents incluses, c'est-à-dire restées enfouies dans l'os, ou sorties de façon « excentrique », on les retire souvent, même lorsqu'elles ne sont pas problématiques, même lors-

qu'elles sont saines, par précaution. Dans le jargon des dentistes, on parle d'extraction prophylactique – prévenir *maintenant* plutôt que guérir *plus tard*.

Nos dentistes sont donc prévenants, tant mieux. Si cette pratique est aussi généralisée, les patients – et clients – que nous sommes se disent qu'elle doit être basée sur des données scientifiques solides, que les risques de laisser ces dents en place dépassent largement ceux que peuvent entraîner leur extraction...

Vérification faite, non. Ces preuves scientifiques sont des plus rares. L'organisation britannique à but non lucratif Cochrane, indépendante et respectée, qui scrute à la loupe la recherche médicale, l'a froidement rappelé en mai 2020. La revue systématique qu'elle a publiée n'a pu faire



état que de deux petites études fiables qui ont porté sur la question au cours des 75 dernières années. Sa conclusion est abrasive : les données disponibles sont insuffisantes pour dire si oui ou non les dents de sagesse asymptomatiques et saines devraient être retirées. Depuis des années, le sujet est donc au cœur d'un débat scientifique et éthique qui agite les sociétés de dentisterie de ce monde.

«*Primum non nocere*, d'abord ne pas nuire. C'est l'engagement qu'on doit prendre en médecine. Pourquoi opérer s'il n'y a pas de problème?» questionne Cyril Vidal, chirurgien-dentiste à Paris et président du collectif FakeMed, qui fait la promotion des soins de santé basés sur les preuves scientifiques. On le devine, il est critique de sa profession. «Sans dire que tous les dentistes le font, plusieurs extractions prophylactiques de dents de sagesse sont effectuées pour rien et plusieurs victimes d'effets collatéraux auraient très bien pu garder leurs dents et éviter ces ennuis.»

Geneviève Chiasson, directrice du programme de chirurgie buccale et maxillo-faciale à l'Université McGill, est plus nuancée. «Si je pouvais voir le futur, ma vie de dentiste serait tellement plus facile, souligne-t-elle. C'est ce que je dis toujours à mes patients quand il est question de dents de sagesse. On n'a aucune façon de savoir comment une dent saine sur le moment se comportera dans quelques années. Bien souvent, la décision repose sur le "niveau de confort" du dentiste face au dilemme : laisser les dents saines en place, sachant qu'elles pourront devenir problématiques, ou les enlever par chirurgie malgré les complications possibles ensuite.»

DENTS CABOTINES

C'est que les troisièmes molaires sont précédées par leur réputation de trouble-fêtes. Censées sortir autour de la vingtaine, elles émergent parfois au mauvais endroit,

parfois dans des axes fantaisistes ou ne font tout simplement pas éruption, quand ce n'est pas juste à moitié, bien souvent à cause d'un manque d'espace sur la mâchoire. On parle de dent incluse, semi-incluse ou sous-muqueuse lorsqu'elle sort de l'os sans parvenir à percer la gencive.

Des situations qui peuvent engendrer différents problèmes : du simple inconfort à l'infection systémique qui entraîne des problèmes cardiaques en passant par les kystes, les abcès, la perte osseuse ou une infection appelée péricoronarite, qui survient quand une dent qui ne sort qu'à moitié est encore surmontée d'un peu de gencive sur laquelle les bactéries s'installent et provoquent une douloureuse inflammation.

Que se passe-t-il lorsqu'on laisse une dent incluse vivre sa vie? C'est bien là-dessus qu'on manque de statistiques. Et les extractions à tout va n'ont pas leur raison d'être, selon Jay Friedman, dentiste américain maintenant retraité et auteur d'un livre incendiaire à ce propos et d'articles dans des revues savantes. Il entretient une relation quasi haineuse avec les dentistes de son pays, les critiquant vertement, osant avancer que plusieurs actes sont réalisés surtout par intérêt financier.

Aux États-Unis, pour 10 millions d'extractions annuelles de dents de sagesse, des dizaines de milliers de patients resteraient avec des séquelles permanentes, écrivait-il en 2007 dans l'influent *American Journal of Public Health*. À ses yeux, cela ne constitue rien de moins qu'une épidémie silencieuse, un problème de santé publique.

Il combat notamment le «mythe» selon lequel les dents de sagesse présenteraient un haut taux de pathologie en évoquant une étude de 1988 qui a montré que, lorsque des troisièmes molaires «potentiellement problématiques» sont laissées en place, elles causent des problèmes (kyste, perte de tissu osseux, endommagement de la

molaires voisine) dans seulement 12% des cas. Un taux comparable aux appendicites (10%) ou à l'inflammation de la vésicule biliaire (12%). Pourtant, argumente-t-il, on ne retire pas systématiquement l'appendice et la vésicule biliaire de tout le monde...

Si l'on ajoute les taux de péricoronarite (affection typique des dents semi-incluses), la proportion de cas problématiques monte à 20%. Toutefois, un épisode unique de péricoronarite n'est pas, toujours selon Jay Friedman, une raison pour extraire une troisième molaire et cela ne devrait être envisagé que lorsque des traitements plus traditionnels échouent, comme les antibiotiques ou le retrait de tissu excédentaire autour de la dent.

Bien sûr, ce dentiste a ses détracteurs, chez lui comme ici. Mais il a raison sur un point : la décision de recourir à l'arsenal chirurgical et d'aller chercher les dents incluses dans l'os comporte aussi sa part de risques. Parmi les «effets secondaires» possibles : fracture de la mâchoire, détérioration d'une dent saine voisine, blessure à l'articulation de la mâchoire, atteinte du nerf mandibulaire... Ce nerf, exclusivement sensitif, se faufile dans la mâchoire inférieure, entre les racines des molaires, et une intervention chirurgicale peut l'endommager, entraînant une perte des sensations (paresthésie) au menton, à la lèvre inférieure et à la moitié de la langue parfois temporaire, parfois permanente.

Ici aussi, les statistiques sur les taux de ces dommages collatéraux sont assez rares. Pour les blessures à l'articulation de la mâchoire, la seule étude disponible, menée en 2006 sur des patients américains de 15 à 20 ans, parle d'un taux de 1,6%. Et pour les paresthésies, d'après des études indépendantes, elles surviennent de façon temporaire dans 1,3 à 4,4% des cas et de façon permanente chez 0,33 à 1% des patients.

« *Primum non nocere*, d'abord ne pas nuire. C'est l'engagement qu'on doit prendre en médecine. Pourquoi opérer s'il n'y a pas de problème? »

– Cyril Vidal, chirurgien-dentiste et président du collectif FakeMed

Mais comment ces risques se comparent-ils à ceux de l'inaction? Impossible à dire, car la proportion des dents de sagesse saines qui deviennent problématiques est inconnue.

Le proverbe *Dans le doute abstiens-toi* pourrait-il être le crédo des dentistes? Ne pourrait-on pas simplement surveiller les dents suspectes à l'aide de radiographies régulières et n'intervenir qu'en cas de besoin? Pourquoi les retire-t-on presque d'emblée à l'adolescence? « Parce qu'il est plus facile d'enlever les dents de sagesse tôt que tard, répond Geneviève Chiasson. Les dents développent d'abord leur couronne, elles ont peu ou pas de racines au début de leur formation, ce qui facilite l'extraction. Et l'os alvéolaire dans lequel se trouvent les dents est plus facilement opérable à l'adolescence. La rémission à la suite de la chirurgie est aussi plus facile quand on est jeune. »

Au contraire, une étude de 1985 portant sur les complications après l'extraction d'une troisième molaire incluse a démontré que les patients âgés de 35 à 83 ans sont moins susceptibles de souffrir d'une infection secondaire et de blessures du nerf mandibulaire que la tranche des 12-24 ans, qui subissent pourtant plus d'extractions. Mais les plus hauts risques de complications surviennent chez les 25

à 34 ans. À l'inverse, une étude de 2007 concluait que les gens plus âgés avaient plus de complications postopératoires et prenaient plus de temps à se rétablir. Les études donc, lorsqu'elles existent, se contredisent... Un bel exemple de science en marche, où l'on ne semble pas avoir trouvé de consensus.

Malgré l'absence de données solides, le Royaume-Uni a opté en 2000 pour des recommandations prudentes à ses dentistes : si les dents sont saines et non problématiques, on ne les extrait pas. Ainsi, sept fois moins de dents de sagesse y sont retirées que dans d'autres pays, notamment l'Australie. Vingt ans après, le bilan de ce relatif « laisser-vivre » n'est pas si clair. « Le taux d'extraction a bien diminué, écrivait le dentiste britannique Naeem Adam en 2018. Mais il est remonté quelques années après parce qu'il a fallu les enlever plus tard, lorsque les problèmes ont surgi. L'âge de l'extraction a simplement été repoussé. »

« L'un des problèmes les plus fréquents, détaille-t-il en entrevue, est la carie qui se développe sur la face arrière des deuxième molaires. Lorsque la troisième pousse horizontalement vers l'avant et que sa surface masticatrice s'appuie sur la deuxième, il se crée dans 42 % des cas un piège à nourriture impossible à bien

nettoyer et la carie s'installe. Ces caries se forment très lentement et on les détecte lorsqu'elles sont devenues trop importantes. Il faut bien souvent retirer les deux molaires et faire de l'orthodontie! »

UTOPIE SCIENTIFIQUE

Pourrait-on combler le manque de connaissances par de bonnes expériences scientifiques? Geneviève Chiasson accepte de jouer le jeu et d'imaginer le protocole de recherche idéal. « Il faudrait des volontaires dans la jeune vingtaine dont les dents de sagesse ont poussé incorrectement mais sans présenter de problème. Pour que l'étude ait une valeur statistique, le nombre de sujets serait à préciser. Des centaines? Des milliers? À voir... Parmi eux, certains se feraient extraire ces dents, d'autres pas. Bonjour les enjeux éthiques! »

Et pour uniformiser les conditions, les chirurgies devraient être réalisées par la même personne ou un petit nombre de personnes. Une fois tout cela accompli, on suivrait les patients sur au moins 50 ans en leur faisant passer un examen tous les deux ans, incluant des radiographies. Au final, on verrait laquelle des deux cohortes a le plus de problèmes dentaires sur le long terme.

« Vous imaginez? lance la clinicienne. C'est à proprement parler infaisable. Une

variante pourrait être d'enlever les dents de sagesse à tous les volontaires, mais seulement d'un côté, en s'assurant d'abord que leur situation dentaire est identique à gauche et à droite. Cela permettrait de comparer les deux situations chez une même personne tout en contrôlant la variable des pathogènes buccaux, qui sont uniques à chacun. Mais qui accepterait de participer à une telle étude?»

À l'Ordre des dentistes du Québec, même discours. «Il faudrait recruter des sujets adolescents et effectuer un suivi sur plusieurs décennies, confirmer par courriel Jacques Goulet et René Caissie, spécialistes en chirurgie buccale et maxillo-faciale recommandés par l'Ordre pour cet article. Or, dans la plupart des études, sinon toutes, le suivi est limité dans le temps et le taux d'abandon est élevé en partie à cause du passage des adolescents à l'âge adulte, période durant laquelle les déménagements pour les études ou le travail sont fréquents. Un suivi de seulement cinq ans ne permettrait malheureusement pas de confirmer ou d'infirmer quelque hypothèse scientifique que ce soit sur la question.»

Devant ce flou, nombreux sont les pays occidentaux dont les agences gouverne-

mentales ont produit des rapports mettant en relief l'absence de données probantes dans le dossier des dents de sagesse. La France, la Grande-Bretagne, l'Allemagne, la Finlande, les États-Unis, la Belgique et la Suède ont senti le besoin de le rappeler à leurs dentistes dans des documents officiels. Le Canada aussi, où l'Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé a publié son rapport en 2010. Ici comme ailleurs, le message est le même : il n'y a pas de preuves scientifiques que l'extraction des troisièmes molaires saines et asymptomatiques est nécessaire. Mais dans tous les cas, à l'exception de la Grande-Bretagne et de sa politique du laisser-aller, on s'en remet aux dentistes pour faire le « bon choix » en leur demandant de faire preuve de prudence.

QUE FAIRE ?

«À défaut de preuves expérimentales, il nous reste les preuves cliniques, avance Geneviève Chiasson. En tant que dentiste, j'ai une expertise, acquise par les années de pratique. Même si je ne suis pas de près des centaines de patients sur des décennies, je suis aux premières loges pour voir les pépins qui surviennent avec le temps. Et surtout, j'hérite de la sagesse des dentistes qui m'ont

précédée et qui m'ont formée. Et je fais de même à l'Université avec la prochaine génération...»

Pour Jay Friedman, il s'agit là d'un biais typique chez les dentistes : ils confondent l'incidence des pathologies dont ils sont témoins dans leur cabinet avec leur réelle survenue dans la population. Selon lui, les gens, nombreux, qui ont des dents de sagesse non conformes mais non problématiques ne consultent pas de dentiste à ce sujet.

En tant que patient, il y a de quoi être perplexe. Que faire des dents incluses saines et sans complications ? Peut-on choisir de refuser l'extraction et demander à son dentiste de simplement surveiller la suspecte au fil des ans pour agir seulement en cas de problème ? «Évidemment, répond Geneviève Chiasson, aucun traitement ne peut être imposé. La décision dépend de votre tolérance au risque et ce risque est inconnu.» Entamez la discussion avec votre dentiste, demandez-lui comment il prend ses décisions en l'absence de données solides. Et n'hésitez pas à aller chercher un deuxième avis : les dentistes n'ont pas tous la même promptitude à intervenir. ●

Science POUR TOUS! 24 HEURES ET PLUS DE SCIENCE

PLUS DE 400 ACTIVITÉS SCIENCE & TECHNO



7 ET 8 MAI 2021
PARTOUT AU QUÉBEC!
SCIENCE24HEURES.COM



Québec

YSSÉE SCIENCES





PHYSIQUE DES PARTICULES :

L'ÉPOPÉE CONTINUE

Près de 10 ans après la découverte du boson de Higgs, les physiciens sont arrivés à un tournant : ils doivent se doter de collisionneurs de plus en plus puissants pour percer les secrets de l'Univers.

PAR MARINE CORNIOU

Autant le dire franchement : la physique des particules est dans une impasse. Ou plutôt à la croisée des chemins, corrige Brigitte Vachon, physicienne à l'Université McGill. « Il y a une multitude de pistes à explorer, ce qui est très stimulant ! Mais c'est vrai qu'il y a urgence à aller voir au-delà de ce qu'on a regardé jusqu'à maintenant », convient-elle.

Si la discipline doit explorer de nouveaux horizons, c'est qu'elle se heurte depuis quelques années, voire des décennies, à plusieurs problèmes de taille. Entre autres hics ? L'incapacité à cerner le côté « sombre » de l'Univers, soit 95 % de ses constituants (la matière noire et l'énergie noire) ; à inclure la gravitation dans les équations de l'infiniment petit ; à élucider la disparition de l'antimatière,

qui a été créée à l'origine dans les mêmes proportions que la matière normale ; à saisir la nature des neutrinos, ces particules évasives.

Sur toutes ces questions fondamentales, la seule théorie valide pour décrire l'infiniment petit, nommée « modèle standard », est complètement muette (voir p. 39). Ce n'est pas faute d'essayer de la faire parler : depuis une trentaine d'années, grâce aux accélérateurs de particules, les scientifiques tentent de lui trouver des failles, d'y repérer des détails cachés. En vain ! Tout ce qu'ils observent expérimentalement colle parfaitement à la théorie. Pourtant, il y a forcément autre chose à découvrir, une physique « au-delà du modèle standard » qui expliquerait l'inexplicable.

Les cerveaux sont en ébullition : d'intenses discussions ont débuté entre les

physiciens de tous les continents pour dresser la feuille de route des prochaines décennies. Quelles sont les questions prioritaires? Comment pourrât-on y répondre? En juin 2020, après deux ans de réflexion, le conseil du CERN (l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire) a dévoilé la Stratégie européenne pour la physique des particules, qui propose un plan d'exploration de la physique « à la frontière des hautes énergies ». Aux États-Unis, un remue-ménages du même type est en cours et devrait aboutir à un rapport en 2022. « Le Canada aussi a entamé sa planification », précise Brigitte Vachon, qui codirige le comité chargé de l'exercice et qui a aussi représenté le pays lors de la réflexion européenne. « Chaque fois, des membres de la communauté internationale sont invités, car les projets ont une portée mondiale », dit-elle.

Pour débusquer de nouvelles particules et pousser ces équations trop sages dans leurs derniers retranchements, la communauté voit grand. Elle nourrit l'espoir de bâtir au moins un accélérateur de particules capable d'atteindre des énergies inimaginables. Aux alentours de 2040 ou 2050, cette machine prendrait le relais du Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN, l'accélérateur de particules le plus puissant actuellement. L'énergie que les particules peuvent atteindre dans cet anneau enfoui à 100 m sous la frontière franco-suisse est limitée par la taille de l'installation (27 km de circonférence tout de même). Quatre projets d'envergure supérieure sont à l'étude : deux accélérateurs circulaires et deux linéaires. Tous ne verront pas le jour. « Compte tenu du coût de ces machines, la communauté internationale doit se mettre d'accord », indique Nathalie Besson, physicienne à l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers à Saclay, en France.

Le projet le plus avancé est l'International Linear Collider (ILC), proposé par un consortium international en 2012. Ce tunnel linéaire de 20 km de long doit être construit au Japon (au coût de sept milliards de dollars américains), mais le pays ne cesse de repousser la décision, laissant la communauté scientifique dans le flou.

L'équipe du CERN, qui réunit plus de 12 000 collaborateurs de 70 pays, planche

de son côté sur le Future Circular Collider (FCC), un anneau de 80 à 100 km de circonférence qui permettrait d'étudier des collisions d'abord d'électrons-positons, puis de protons quand la technologie le permettra (voir l'encadré p. 38). Une autre proposition, le Compact Linear Collider, fonctionnant sur le même principe que l'ILC, est aussi dans les tuyaux au CERN, alors que la Chine envisage la construction d'un concurrent au FCC.

La conception puis la réalisation d'un ou de plusieurs de ces projets occuperont sans peine toute une génération de physiciens, à l'instar du LHC, dont la construction a pris 30 ans. Mais leur faisabilité, en termes d'ingénierie et de coûts, est encore loin d'être établie.

NIVEAU SUPÉRIEUR

En attendant le ou les collisionneurs géants, le LHC sera poussé aux limites de ses capacités. Il n'a cessé de monter en grade depuis ses débuts, en 2009, et il n'a pas encore montré tout ce qu'il a dans le ventre.

Pour comprendre, il faut savoir comment fonctionne la bête. Selon le modèle standard, la matière est constituée d'un jeu de 12 particules élémentaires qui interagissent par l'entremise de forces. Mais très peu d'entre elles sont stables. « Hormis l'électron et le photon, toutes se désintègrent aussitôt qu'elles sont créées. Donc, pour les observer, on n'a d'autre choix que d'en créer de nouvelles en chauffant le vide de façon très locale et en produisant une densité d'énergie énorme. Et pour y parvenir, on fait entrer des particules en collision », résume Nathalie Besson, qui a travaillé sur le projet ATLAS du LHC.

Dans ce collisionneur, on lance ainsi l'un contre l'autre des faisceaux de protons plus fins qu'un cheveu à une vitesse proche de celle de la lumière. En se percutant, ceux-ci libèrent une énergie phénoménale. Rappelez-vous la fameuse formule d'Albert Einstein $E=mc^2$. Elle signifie, en gros, que l'énergie peut se transformer en masse et inversement. « La collision de protons ne fait pas de débris de protons, elle donne naissance à de nouvelles particules comme un boson de Higgs. Ces particules instables vont se désintégrer en

particules plus stables qu'on va repérer dans les détecteurs. Ensuite, on entreprend un travail d'enquête », poursuit la physicienne. L'analyse de données consiste à remonter le fil des événements pour déduire quel type de particule mère a bien pu se désintégrer en tel ou tel « cocktail » de particules filles.

C'est avec cette méthode que les scientifiques ont confirmé, l'une après l'autre, toutes les prédictions du modèle standard. L'existence des bosons W et Z a été attestée dans les années 1980; celle du quark top en 1995; celle du boson de Higgs en 2012 au LHC. Chaque fois, les particules se comportent exactement comme ce que les équations attendent d'elles. « Le modèle standard, pour moi, c'est la plus belle construction humaine. Ce sont juste des mathématiques qui expliquent extraordinairement bien ce qu'on voit, avec une précision incroyable, souligne Nathalie Besson. Mais comme il n'explique pas tout, c'est enquiquinant ! »

D'où l'acharnement des physiciens à essayer de prendre leur modèle chéri en défaut en exploitant leurs instruments à fond. D'ici la fin de son règne, en 2038, le LHC sera le théâtre de toujours plus de collisions avec toujours plus d'énergie. Entre chaque prise de données, cet accélérateur subit une cure de jouvence : certains de ses 9 500 aimants sont améliorés; les détecteurs sont figolés; la cavité accélératrice est rénovée. Le deuxième grand arrêt technique est en cours et la troisième période d'exploitation devrait démarrer en mars 2022 pour atteindre l'énergie maximale permise, soit 14 téraélectronvolts (TeV). Le gain par rapport à la phase précédente, qui « tournait » à 13 TeV, ne sera toutefois pas énorme.

C'est en 2027 que les chercheurs atteindront vraiment un niveau supérieur, en multipliant par 5 à 10 le nombre de collisions dans l'accélérateur, pour la phase dite « LHC à haute luminosité ». « Au LHC, on ne propulse pas un faisceau de protons continu, mais plutôt des paquets de protons. Il y a 150 milliards de protons par paquet et 2 800 paquets par faisceau qui se suivent à la queue leu leu. Cela a beau être dense, les protons sont tellement petits qu'il n'y a que de 40 à 60 collisions par croisement de paquets », mentionne



Le LHC est l'accélérateur de particules le plus grand et le plus puissant du monde à ce jour. C'est un anneau de 27 km de circonférence formé d'aimants supraconducteurs et de structures accélératrices.

2800
paquets
de protons
circulent
dans chaque
sens du LHC.
Chaque paquet
contient plus
de 100 milliards
de protons.



Le LHC subit en ce moment une cure de jouvence. Ici, certaines pièces du détecteur géant CMS, qui a permis avec son homologue ATLAS de découvrir le boson de Higgs, sont remplacées en vue de la reprise des activités en 2022.

LE CHOIX DU MODÈLE

Les accélérateurs fonctionnent tous sur le même principe : reproduire, de façon très brève et localisée, les conditions extrêmes de l'Univers primordial, nécessaires à la création de particules. D'un modèle à l'autre, la forme de l'accélérateur (circulaire ou linéaire) ou la nature des particules à percuter (proton-proton ou électron-positon) peut toutefois varier.

Les protons, auxquels on recourt en ce moment dans le LHC, sont des amas de plusieurs particules élémentaires (des quarks). Quand deux protons se heurtent, c'est un peu le fouillis : on ne sait pas exactement quel « bout » a frappé quoi ni combien d'énergie chaque morceau emmagasinait. De quoi compliquer les analyses. « Un électron, en revanche, c'est ponctuel. On sait exactement combien d'énergie il embarque et, quand il percute un positon, son antiparticule, c'est très net », précise Nathalie Besson, de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers. Le choc est moins difficile à interpréter : idéal pour les analyses fines.

« Dans un collisionneur linéaire, il est plus facile d'accélérer des électrons-positons à très haute énergie que dans un collisionneur circulaire. Mais l'énergie maximale dépend de la longueur de l'accélérateur. Un accélérateur circulaire, comme le FCC, aurait l'avantage de pouvoir être utilisé à la fois pour des électrons-positons puis pour des protons [2 000 fois plus lourds qu'un électron], ce qui permettrait d'atteindre des énergies bien plus grandes qu'avec une machine électrons-positons », détaille Harry Cliff, de l'Université de Cambridge.

Nathalie Besson. Il se produit tout de même quelque 600 millions de collisions par seconde. Mais augmenter ainsi le nombre de chocs, ce qu'on appelle la « luminosité », permettra de multiplier la quantité d'événements observés.

Or, les réponses aux grandes questions actuelles pourraient se tapir dans les particules plus marginales, créées à de très rares occasions lors des collisions. « Il est possible qu'on soit passés à côté d'un phénomène rare. En accroissant la luminosité, on aura plus de données et on pourra aussi faire des mesures beaucoup plus précises pour caractériser par exemple les interactions entre le boson de Higgs et l'électron », détaille Brigitte Vachon, qui travaille en vue de cette phase à l'amélioration du détecteur ATLAS, l'un des quatre détecteurs du LHC. En cherchant ainsi la petite bête, les physiciens gardent espoir de trouver une petite déviation par rapport aux prévisions théoriques.

« Il y a encore des chances que le LHC parvienne à découvrir une "nouvelle physique". Mais quand bien même, il y aura toujours des questions non résolues », juge Harry Cliff, physicien à l'Université de Cambridge, au Royaume-Uni, et membre de l'expérience du LHC qui s'intéresse à l'antimatière. Comme la plupart de ses collègues, il parie sur le fait que le vernis du modèle standard ne « craquera » vraiment que si on le teste à des énergies bien plus élevées que celles permises par le LHC. Car plus on tape fort, plus on a de chances de voir des détails intéressants. Le candidat du futur devra offrir des énergies dépassant les 100 TeV – 10 fois plus hautes qu'au LHC. De quoi mettre la main sur des particules très massives, comme des particules de matière noire peut-être ?

LE MYSTÉRIEX BOSON DE HIGGS

En attendant leur nouveau « joujou », les physiciens ont tout de même quelques pistes à explorer, la principale étant celle du fameux boson de Higgs. Il occupe une place à part dans le modèle standard pour une multitude de raisons et la Stratégie

européenne pour la physique des particules l'a désigné comme une priorité de recherche absolue. « Avec les neutrinos, c'est la particule la plus mystérieuse que l'on connaisse. Quand on regarde le modèle standard, on s'aperçoit que tous les problèmes surgissent à cause de ce boson », résumait Fabiola Gianotti, directrice générale du CERN, à un congrès réunissant des journalistes scientifiques en 2019.

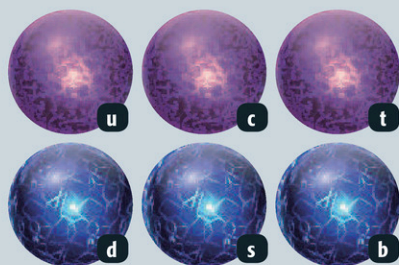
Les bosons de Higgs forment un « champ » qui baigne tout l'Univers et qui donne leur masse aux autres particules. Pour le décrire, on utilise souvent l'analogie d'une étendue de mélasse qui « freine » davantage les grosses particules comme les bosons W et Z, leur conférant une masse élevée, et qui interagit peu avec celles qui ont une masse faible. « Le boson de Higgs pourrait être une passerelle vers le secteur sombre de l'Univers ; il pourrait interagir avec les particules de matière noire », postule Harry Cliff.

Autant dire que les physiciens le scrutent de près. « On doit maintenant comprendre, par exemple, l'origine de la masse du boson de Higgs et caractériser les interactions entre lui et toute la matière normale », signale Brigitte Vachon.

Or, dans le LHC actuel, on ne crée qu'un seul boson de Higgs par milliard de collisions. Ce qui est peu... Cette rareté justifie en soi la construction des futures machines, qualifiées par le CERN d'« usines à Higgs ». Mais les collisionneurs ne sont pas le seul sésame vers la nouvelle physique. D'autres projets excitants sont porteurs d'espoir, comme les détecteurs directs de matière noire ou ceux voués aux neutrinos. « La cosmologie est aussi une piste intéressante pour faire des découvertes en physique des particules, avance Nathalie Besson, qui s'est détournée il y a peu du domaine subatomique pour travailler sur les ondes gravitationnelles. C'est en unissant toutes ces disciplines qu'on va finir par trouver le futur. » Plusieurs chemins mènent assurément à « l'au-delà ». ●

Lorsque les protons entrent en collision, de nouvelles particules se créent et se désintègrent aussitôt. Les chercheurs reconstituent le scénario des désintégrations pour savoir ce qui a été créé.

MODÈLE STANDARD

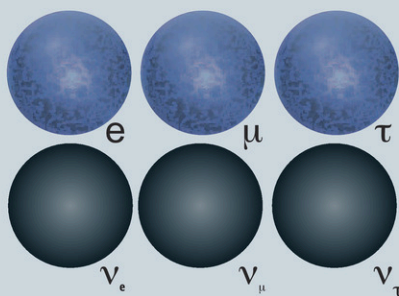


QUARKS

Il existe six quarks : le quark up (u), le quark charm (c), le quark top (t), le quark down (d), le quark strange (s) et le quark bottom (b). Les quarks up et down s'associent pour former des protons et des neutrons.

Le principe du modèle standard est simple : toute la matière est faite de particules fondamentales (les quarks et les leptons), qui interagissent entre elles en s'échangeant d'autres particules appelées bosons.

Les particules sont gouvernées par quatre forces fondamentales : la force forte (véhiculée par les gluons, qui maintiennent les quarks ensemble), la force faible (responsable des désintégrations de particules et de la radioactivité, véhiculée par les bosons W et Z), la force électromagnétique (portée par les photons) et la force gravitationnelle (dont les effets sont négligeables à l'échelle des particules).



LEPTONS

Dans la famille des leptons, on trouve l'électron (e), le muon (μ) et le tau (τ), ainsi que les neutrinos qui leur correspondent.



BOSON DE HIGGS

Il occupe une place à part, il « confère » leur masse aux autres particules.



BOSONS

Ces bosons vecteurs de forces véhiculent les interactions fondamentales. En plus des bosons W et Z, on trouve les gluons (g) et les photons (γ).



ÉMILIE FOLIE-BOIVIN [@efolieb](#)

S'ÉVADER

La réalité virtuelle chez soi



Alors que notre existence est dépouillée des petits plaisirs qui font son essence, pourquoi ne pas profiter de cette occasion pour s'initier aux joies de la réalité virtuelle? Bien que j'aie vécu un premier contact avec cette technologie dans les salles du Centre Phi il y a plusieurs années, sa proposition PHI VR TO GO — où le casque nous est livré à la maison — m'a beaucoup charmée. Elle donne une tout autre dimension aux voyages immersifs. «L'idée derrière PHI VR TO GO est de pouvoir partager des expériences et, en quelque sorte, de changer le mal de place», explique la directrice des relations publiques et des communications du Centre Phi, Myriam Achard.

Le concept est né dès la première vague de la pandémie, alors que les employés du Centre se demandaient comment garder le lien avec le public. Le pôle culturel spécialisé en arts numériques s'est doté de 75 casques Oculus Go prêts à être livrés dans les domiciles de l'île de Montréal. «Après, le premier mois, nous avons vécu une rupture de stock d'un coup!» La population de la ville de Québec n'est pas en reste; elle peut aussi réserver des casques qui lui seront envoyés.

Le public montréalais a accès à deux programmations. «Découvrir le monde», que j'ai testée, offre des documentaires dépaysants (dont l'étonnant *The Real Thing*, sur une vraie «fausse» ville chinoise qui se donne des airs de Paris, Venise et Londres). La seconde, «Récits imaginaires», est davantage axée sur des fictions oniriques. Pour Québec, le Centre Phi a concocté une fusion du meilleur des deux propositions.

Je ne vous cacherai pas qu'assister à la propulsion d'une fusée de SpaceX du sommet du vaisseau (grâce à *Space Explorers: Taking Flight*) et gravir la plus haute montagne de l'Himalaya (le soufflant *Everest*) comptent parmi les sensations les plus grisantes que j'ai vécues au cours des 12 derniers mois! Mais l'expérience qui m'a le plus marquée est celle où l'on est simplement assis dans un grouillant restaurant de Washington D. C. à écouter les conversations d'Afro-Américains (*Traveling While Black*). Ils racontent les enjeux raciaux liés à leurs déplacements en ville et à travers le pays, d'hier à aujourd'hui.

Ce bref retour dans la réalité pré-pandémique, combiné avec la portée de ces durs témoignages, était aussi bouleversant que les escapades riches en adrénaline. Dans le contexte actuel, la réalité virtuelle est un véritable baume. Qu'on applique généreusement et à volonté pendant les 48 heures que dure la location!

PHI VR TO GO, 45 \$ par appareil et 22 \$ de frais de livraison. Information : vr-to-go.phi.ca

VISITER

Bien au chaud, 115 pieds sous terre

La grotte de Saint-Elzéar est toujours grande ouverte aux visiteurs... virtuels! Un joyeux pis-aller dont les claustrophobes pourront profiter, le cœur léger. La plus ancienne grotte connue du Québec dévoile quelques-uns de ses mystères dans une exploration à la manière de Google Maps : on s'enfonce 35 m (115 pi) sous les terres gaspésiennes en « marchant » point par point sur la passerelle métallique. De brèves fiches explicatives indiquent quelques éléments d'intérêt de cette station spéléologique âgée de plus de 230 000 ans. On peut ainsi prendre tout son temps pour examiner les détails de la voûte de ce trésor géologique, campé dans la Réserve de la biodiversité du Karst-de-Saint-Elzéar, en se croisant les doigts pour que soient permises les visites en chair et en os cet été!

La grotte de Saint-Elzéar,
lagrotte.ca/

ÉCOUTER

Haut potentiel

Le balado *Différente ou douée?* ouvre une porte sur le monde méconnu de la douance. L'auditeur accompagne Hélène Laurin, conceptrice-rédactrice à Savoir média, dans une quête pour comprendre si ses défis personnels et sa singularité pouvaient révéler un état de haut potentiel. Elle s'engage ainsi dans un processus de diagnostic et en profite pour démythifier cette condition au fil d'entrevues, notamment avec la neuropsychologue Marianne Bélanger. Cette riche série de huit épisodes aborde la douance autant chez l'enfant que chez les femmes et les minorités visibles, et l'intelligence, qui, contrairement à ce qu'on pourrait penser, n'est pas synonyme de douance!

Différente ou douée?

sur savoir.media/series/differente-ou-douee ou sur votre plateforme de balados préférée.



L'ABC des virus

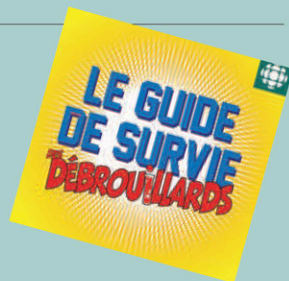
Digne enfant de cette ère spéciale, ma petite éponge de cinq ans a mille et une questions sur les microbes et les vaccins — un sujet très léger avant l'heure du dodo. Depuis que l'album jeunesse *La vie secrète des virus* a croisé notre route, je suis bien épaulée pour satisfaire sa curiosité. Illustré par Mariona Tolosa Sisteré, ce livre catalogue les virus exotiques et familiers dans un mignon répertoire. Il vulgarise par exemple leur mode de reproduction et injecte aux apprentis épidémiologistes des pistes de solution pour protéger notre santé et nos écosystèmes. Chaque fois que ma fille éternue, elle soupçonne désormais un « rhinovirus ». L'utilisation d'un vocabulaire plus soutenu est le plus désirable des effets secondaires !

La vie secrète des virus, collectif illustré par Mariona Tolosa Sisteré, Éditions Rue du monde, 24 p.
COLLECTIF ELLAS EDUCAN, © RUE DU MONDE, 2020

Drôles de survivalistes

Si le nouveau balado humoristique de nos collègues *Les Débrouillards* n'enseigne pas (pour l'instant !) à faire du feu en plein déluge, *Le guide de survie des Débrouillards* permet de traverser les petits périls du quotidien avec le sourire. Chaque épisode (comment survivre à sa fratrie, aux tempêtes, au yogourt périmé) outille les jeunes oreilles grâce aux faits les plus impressionnants de la science. Les deux animateurs, la journaliste Raphaëlle Derome et l'attachant Massi Mahiou, ont de fichues bonnes idées pour aborder chacun des thèmes et partagent leurs trouvailles avec un plaisir contagieux dans des saynètes rigolotes. De la discussion émouvante avec l'astronaute David Saint-Jacques sur la notion du temps au face-à-face mordant à la *Survivor* avec une tornade et un ouragan, on est certainement bien équipé pour survivre à l'ennui !

Le guide de survie des Débrouillards, réalisé par Philippe Marois, à écouter sur la plateforme Radio-Canada OHdio.



LIRE Ce que la Terre a dans le ventre

Nous savons bien peu de choses du monde sous nos pieds, mais grâce à *Underland : voyage au centre de la Terre* (traduit de l'anglais par Patrick Hersant), cet énigmatique univers révèle sa beauté au fil du récit scientifique et littéraire de Robert Macfarlane. L'auteur britannique a le chic pour nous amener dans ses excursions : on s'enfonce dans des mines de sel, dans l'écosystème complexe du sous-bois, dans les chambres les plus mystérieuses des catacombes de Paris. À mille lieues de l'exposé universitaire, le spéléologue illumine les ténèbres de sa prose scénique. Le lien étroit que l'humain entretient avec le sol et ses trésors ensevelis alimente les réflexions philosophiques, scientifiques et spirituelles qu'y partage un observateur somme toute inquiet du legs géologique que l'anthropocène réserve aux prochaines générations.

Underland : voyage au centre de la Terre, par Robert Macfarlane, Les Arènes, 514 p.

Un sujet explosif

Dans les années 1940, l'Université de Montréal abritait un laboratoire de physique secret où les travaux menés visaient à découvrir une nouvelle source d'énergie et à mettre au point une bombe superpuissante. Palpitant, n'est-ce pas ? Gilles Sabourin a passé plus de 15 ans à fouiller cet obscur pan de l'histoire, qu'il raconte dans un essai scientifique à l'intrigue du ressort de la fiction. Ingénieur dans le domaine nucléaire, il a réussi à retrouver de rares survivants ayant travaillé dans ce laboratoire... que la majorité des employés ne soupçonnait pas être lié à l'arme atomique ! Il remonte le cours de cette saga au fil d'interviews exclusives, où se côtoient espions et scientifiques de la physique moderne. À souligner en particulier : l'auteur a pris soin de mettre en lumière la grande contribution des mathématiciennes, chimistes et physiciennes du laboratoire — et de signaler leur absence des photos d'archives, alors qu'elles constituaient le quart de l'équipe.

Montréal et la bombe, par Gilles Sabourin, Éditions du Septentrion, 204 p.



Envie d'en savoir plus ?

Québec Science a rencontré Gilles Sabourin. À écouter dans notre balado.

www.quebecscience.qc.ca/balados/un-duo-en-fission

Vivre de vélo
et d'air pur...

C'EST PAR ICI

QUÉBEC

NOUVEAU **Tour des Cantons**
26 juin au 3 juillet | 4 au 11 juillet

Bas-Saint-Laurent
3 au 9 juillet | 10 au 16 juillet
17 au 23 juillet | 31 juillet au 6 août

NOUVEAU **Lac-Saint-Jean**
12 au 17 juillet | 19 au 24 juillet

NOUVEAU **Gaspésie**
31 juillet au 9 août | 21 au 30 août

NOUVEAU **Charlevoix et Saguenay**
15 au 20 août

NOUVEAU **Baie-des-Chaleurs-Percé**
15 au 21 août

ONTARIO

Mille-Îles
18 au 24 juillet | 15 au 21 août

Baie Georgienne
8 au 15 août | 29 août au 5 septembre

Niagara
1^{er} au 7 août | 22 au 28 août

OUEST CANADIEN

NOUVEAU **Vallée de l'Okanagan**
19 juin au 1^{er} juillet | 3 au 15 juillet

NOUVEAU **Vancouver-Banff**
2 au 15 juillet | 20 juillet au 2 août

FORMULE EN LIBERTÉ

Destinée aux cyclistes autonomes sur la route.
Plusieurs itinéraires de 3 à 8 jours vous sont
offerts aux dates de votre choix.

Explorez toute la collection voyages 2021

veloquebecvoyages.com
514 521-8356 • 1 800 567-8356, poste 506



Vélo Québec
VOYAGES
Titulaire d'un permis du Québec



Vingt mille lieues... sous terre



Le grand Jacques-Yves Cousteau disait « On protège ce qu'on aime ». Que ce soit les océans et ses mille et une créatures marines, la forêt boréale pour ses mammifères terrestres ou encore la toundra pour ses vastes étendues et sa flore éphémère, la biodiversité qu'on s'évertue à préserver est souvent celle qui nous saute aux yeux et nous émerveille. Si cette conception de la diversité biologique accapare

le paysage médiatique, la biodiversité des sols est invisible, à quelques exceptions près.

Microbes, champignons, invertébrés, mammifères : les sols sont pourtant le réservoir d'une diversité souterraine des plus riches ; près du quart de la biodiversité terrestre s'y trouve ! Toutefois, plus de 30 % des sols de notre planète sont en mauvais ou en très mauvais état. Les coupables : la déforestation, l'urbanisation et l'agriculture intensive, qui contribuent à l'érosion des sols, à leur compactage ou encore à leur acidification.

La biodiversité des sols demeure loin des yeux et donc loin du cœur... et des efforts de conservation adéquats. Dans le premier (et imposant) rapport sur l'état des lieux de la biodiversité des sols publié l'an dernier, la FAO, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, rappelait que, si la biodiversité des écosystèmes terrestres nous est plus familière et que sa protection est relativement bien gérée par des lois nationales et internationales, il n'existe pratiquement pas d'équivalent en ce qui concerne la biodiversité des sols. Or, les services écologiques rendus par cette biodiversité dissimulée sont cruciaux. Pensons à ces champignons dits « mycorhiziens » qui assimilent et transfèrent des nutriments essentiels aux plantes, qui séquestrent le carbone ou qui jouent aux ingénieurs en façonnant la composition physique des sols, telle leur porosité.

Voilà pourquoi un groupe international de chercheurs mené par Carlos Guerra, du German Centre for Integrative Biodiversity Research, a publié en janvier dernier un article dans la revue *Science* dans lequel il propose un cadre mondial de surveillance de la biodiversité des sols et des fonctions des écosystèmes. Ce serait en quelque sorte un tableau de bord qui réunirait des variables sur l'état des sols. À sa lecture, les décideurs seraient mieux outillés pour créer des politiques enfin adaptées à la pré-

servation de cette biodiversité souterraine. Mieux encore, ces mesures de surveillance répondraient directement aux objectifs établis par plusieurs ententes mondiales : la Convention sur la diversité biologique, les 17 objectifs de développement durable de l'Agenda 2030 de l'Organisation des Nations unies (ONU) et l'Accord de Paris sur le climat.

Afin d'assurer un suivi adéquat de ce « tableau de bord », un tout nouveau réseau, le SoilBON (Soil Biodiversity Observation Network), dirigé par Carlos Guerra et la chercheuse en écologie Diana Wall, de l'Université d'État du Colorado, permettra de collecter et d'analyser systématiquement les données sur la richesse de nos sols à l'échelle mondiale, et ce, en temps réel. Bien que de récents et volumineux rapports internationaux aient pu contribuer à rehausser les politiques de conservation de la diversité des sols, ils n'offraient qu'une vision statique et fragmentée, ce à quoi le SoilBON pourra remédier.

Vous dire à quel point une telle initiative me réjouit serait un euphémisme ! Moi qui me suis penché sur les relations entre les microorganismes du sol et les plantes pendant plusieurs années, j'ai longtemps souhaité que ce sujet occupe sa juste place dans la pyramide de nos sujets d'intérêt et de nos priorités. C'est pourquoi j'ai été ravi du dossier spécial « La santé par les racines », paru dans ces pages en décembre dernier. On y mettait en valeur la recherche québécoise sur les plantes, les sols et leurs microorganismes, notamment les travaux de mon ancien collègue de laboratoire Étienne Yergeau, professeur à l'Institut national de la recherche scientifique. Alors que s'amorce la décennie de la restauration des écosystèmes, proclamée par l'ONU, voilà des démarches qui redonnent leurs lettres de noblesse aux sols et au monde grouillant qu'ils abritent.

C'est d'autant plus important qu'ils constituent la pierre angulaire de nos écosystèmes et des systèmes de production dont nous dépendons tous et toutes. Pour preuve, plus de la moitié des objectifs de développement durable de l'ONU sont tributaires de la santé de nos sols. Il en va par exemple de l'éradication de la famine et du renforcement de la sécurité alimentaire ou encore de l'atteinte de l'égalité des genres (les femmes sont au cœur des efforts agricoles à bien des endroits dans le monde).

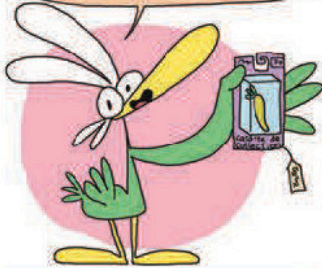
Nos sols ont sans doute presque autant de secrets à livrer que les océans de Jacques-Yves Cousteau. Avec l'initiative lancée par Carlos Guerra et ses collègues, j'ai bon espoir que nous en viendrons à mieux apprécier la richesse des sols que nous foulons. Peut-être parviendrons-nous même à l'aimer un peu plus et, une fois plus près de nos cœurs, à mieux la protéger. ●

Les opinions exprimées dans cette chronique n'engagent que leur auteur.

RÉTROVISEUR

L'HISTOIRE DES SCIENCES VUE PAR SATURNOME

On pense trop peu au fait que les fruits et légumes que nous mangeons sont souvent des créations humaines. Prenons la carotte !



L'ancêtre de ce légume vient de la région qui correspond aujourd'hui à l'Iran et l'Asie centrale. Il s'agissait d'une petite racine blanche ou violette.



Les premières mentions littéraires parlent d'une racine cultivée pour ses vertus médicinales. Les Romains évoquent une plante, la «Pastinaca», qui était peut-être notre future carotte.



Le mot «carotte», lui, vient du grec «karôton». Mais on ne distinguait pas encore tout à fait la carotte du panais.



Quelque part avant le 11^e siècle, après une longue période de sélection de racines de plus en plus grosses, la carotte gagne en popularité comme aliment et existe en deux variétés : violette et jaune.



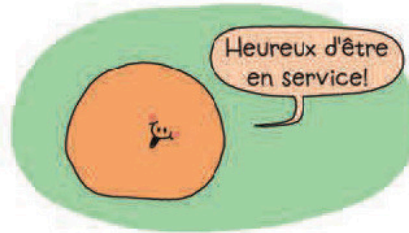
Je sais! Vous vous demandez quand la carotte devient orange. Il y a une chose à savoir avant tout...



Le mot «orange» a pris du temps à apparaître dans les langues européennes. C'est au 16^e siècle qu'on le voit pour la première fois dans la langue française.



Le mot vient de «naranga» qui, en sanskrit, servait à décrire le fruit avant de définir la couleur.



On sait que quelques carottes orange sont apparues avant le 16^e siècle, mais on n'a pas fait d'efforts particuliers pour les préserver à travers les siècles.



Toujours au 16^e siècle, les Néerlandais commencent à cultiver les carottes orange telles qu'on les connaît aujourd'hui. Une rumeur veut que ce soit en hommage à la maison d'Orange-Nassau, qui règne sur le pays.



Leur popularité pendant l'ère industrielle leur permet de dominer l'alimentation pendant deux siècles. Mais depuis peu, les carottes violettes et jaunes font lentement leur retour...



Faites attention aux carottes molles brunes et vertes. Elles sont juste pourries.



Saturnome



Plus que jamais, les gestes simples sont notre meilleure protection pour lutter contre le virus.

- * Maintenons la distanciation physique
- * Portons le masque
- * Lavons-nous les mains régulièrement
- * Évitions les déplacements et les voyages non essentiels
- * En cas de symptômes, passons le test rapidement
- * Respectons les consignes d'isolement

On continue de bien se protéger.

[Québec.ca/coronavirus](https://quebec.ca/coronavirus)

 1 877 644-4545



L'Université de Montréal et du monde en changement

L'Université de Montréal est un formidable
terreau de découvertes scientifiques.
Nos chercheurs et chercheuses repoussent
encore et toujours les frontières de la
connaissance pour bâtir un monde meilleur.
umontreal.ca

Université 
de Montréal et du monde.